

دراسة حركة الساعين بالمسعى مع
بناء أنموذج محاكاة احتمالي لتقدير الطاقة الاستيعابية

رضوان ١٤١٥ هـ

الباحثان

د/ أحمد البدوي طه عبد المجيد

أ. د/ محمد بن نعيم حامد رضوي

ملخص البحث

يبلغ أقصى عدد من المصلين والمعتمرين في شهر رمضان . وبالطبع فإن هؤلاء المعتمرين يتجهون إلى المسعى بغرض السعى بين الصفا والمروة. وتزيد درجة الازدحام بدرجة كبيرة نتيجة زيادة عدد الساعين خاصة ليلة السابع والعشرين منه. وتعتبر دراسة الحركة بالمسعى في غاية الأهمية حيث إنه يعتبر جزءاً من سلسلة الشعائر التي يقوم بها المعتمرون أو الحجاج. ويعتبر تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى في حالتي المعتمرين والحجاج ذات أهمية قصوى. ففي الحالة الأولى (المعتمرين) فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى يجب تقديره ليتم مقارنته بالطاقة الاستيعابية للطواف حتى يكون هناك توازن بين حجم الطلب على الطواف وحجم الطلب على السعى. وفي الحالة الثانية (الحج) فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى يفيد في مقارنته بالطاقة الاستيعابية للحجرات وبخاصة يوم الثاني عشر من ذي الحجة بحيث يكون هناك توازن بين أعداد الراجمين والساعين. ويركز هذا البحث على دراسة حركة الساعين بين الصفا والمروة . وتهدف الدراسة الحالية إلى التعرف على خصائص الساعين وحركتهم أولاً. وكذلك التوصل إلى نموذج خصائص حركة الساعين ثانياً. بالإضافة إلى تقدير الطاقة الاستيعابية المثلى للمسعى عن طريق بناء أنموذج محاكاة لحركة الساعين ثالثاً. وفي سبيل تحقيق ذلك فقد تناولت منهجية هذا البحث مراجعة الدراسات السابقة وجمع البيانات اللازمة لتحقيق كل أهداف البحث. وفي سبيل تحقيق الهدف الأول فقد تم عن طريق استقصاء عينة من الساعين تم تحديد حجمها إحصائياً. أما الهدف الثاني فقد تم تحقيقه عن طريق التصوير بالفيديو لحركة الساعين في منطقتين بالمسعى أحدهما بين الأخضرين لتعكس حركة المرولة والأخرى في منطقة الحركة العادية. وقد تم إنجاز الهدف الثالث بالتصوير بالفيديو بجانب قياس أزمدة الساعين خلال الأنشطة المختلفة بالمسعى. ويجدر الإشارة هنا إلى أنه المنهجية قد اعتمدت في تقدير الطاقة الاستيعابية على الأزمنة خلال الأنشطة المختلفة والتي تعكس خصائص الساعين مثل العمر ودول القدوم والجنس والصحة وغير ذلك.

وقد أسفرت هذه الدراسة عن عدة نتائج أهمها مايلي:

- ١- يلاحظ أن نسبة من يستخدمون الطابق الأرضي من الساعين بصفة عامة تصل إلى ٨٢,٨% بينما تصل نسبة من يستخدمون الطابق العلوي إلى ١٧,٢% فقط.

٢ - اتضح أن أعلي نسبة للساعين في الطابق الأرضي هي لهؤلاء القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلى ٨٨,٨ % يليها المقيمون حيث تصل نسبتهم إلى ٨٢,٣ % بينما تصل نسبة السعوديين إلى ٦٧,٤ %. وهذا يمكن تبريره بأن السعوديين والمقيمين على دراية أكثر من القادمين من خارج المملكة بطوابق المسعى. وبالنسبة للساعين على السطح فقد اتضح أن نسبتهم قليلة جداً مما أدى إلى استبعادها .

٣ - بالنسبة لفئتي الأعمار أقل من ٢٠ عاماً ، من ٢١-٤٠ عاماً فإنه يتضح أن نسبة الساعين في الطابق العلوي لهاتين الفئتين أعلى عنه بالنسبة للطابق الأرضي حيث تبلغ ٦٢,٢ % ، ٦٨,١ % على التوالي في حالة الطابق العلوي بينما تبلغ ٣,٨ % ، ٦٠,٤ % في حالة الطابق الأرضي.

٤ - تبين أيضاً انخفاض نسبة الساعين في الطابق العلوي لمن تتجاوز أعمارهم ٦٠ عاماً حيث تصل إلى ٢,٧ % فقط مقارنة بنحو ٦,٤ % بالنسبة للطابق الأرضي.

٥ - تبين ارتفاع المستوى التعليمي حيث تصل نسبة الأمية إلى ١٠,٦ % فقط.

٦ - ظهر اتجاه المثقفين إلى استخدام الطابق العلوي واضحاً حيث يلاحظ أن نسبة الساعين ذات المستوى الجامعي تصل إلى ٤٩,١ % في الطابق العلوي بينما تصل نسبتهم في الطابق الأرضي إلى ٣٥ % فقط. كما يلاحظ من الجدول اتجاه الأميين إلى الطابق الأرضي أكثر من الطابق العلوي ويمكن تبرير ذلك بأن نسبة عالية منهم لاتعرف أن هناك طابقاً علوياً للمسعى.

٧ - تبين أن هناك إقبالاً ملحوظاً على استخدام الطابق الأرضي حيث تصل نسبة من يستخدمونه إلى ٨٢,٨ % وتعتبر هذه النسبة عالية إذا ما قورنت بالطابق العلوي الذي يبلغ نسبة الساعين به ١٧,٢ % فقط. ويلاحظ من النتائج أن ذلك يرجع لعدة أسباب منها سهولة الوصول إلى الطابق الأرضي والاعتقاد الديني ولعدم معرفة بعض الساعين بأن هناك طوابق أخرى بالإضافة لعدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى.

٨ - من ناحية أسباب تفضيل استخدام الطابق الأرضي بالنسبة للأميين وغير الأميين فقد اتضح أن نسبة الأميين الذين اختاروا الطابق الأرضي تصل إلى ٩٠ % بينما تصل هذه النسبة في حالة غير الأميين إلى ٨٢ % مما يبين أن هناك أسباباً معينة تجذب الأميين إلى

الطابق الأرضي. وبدراسة هذه الأسباب يتبين أن إقبال الأميين على استخدام الطابق الأرضي أكثر من غير الأميين يرجع لارتفاع نسبة الأميين الذين لا يعرفون بأن هناك طوابق أخرى حيث تصل نسبتهم إلى ١٩,٤% بينما تصل هذه النسبة في حالة غير الأميين إلى ١١,١% فقط. كما أن عدم معرفة الأميين بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تظهر كسبب لعدم إقبالهم على استخدام تلك الطوابق بالمسعى حيث تصل نسبة الأميين الذين لا يعرفون كيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى في حالة الأميين أكثر من ضعف تلك النسبة في حالة غير الأميين.

٩ - بالنسبة لمستخدمي المسعى حسب الجنسية فيتضح أن نسبة من فضلوا استخدام الطابق الأرضي من المواطنين السعوديين والمقيمين لعدم معرفتهم بأن هناك طوابق أخرى تصل إلى ٤,٩% ، ٣,٢% فقط على التوالي بينما تزيد هذه النسبة في حالة القادمين من خارج المملكة إلى ١٧,٦% وذلك يرجع لعدم معرفتهم الكافية مسبقاً بالحرم. كما أن عدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تزيد في حالة القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلى ٣,٨% مقارنة بنحو ٢% ، ١,٣% في حالة المواطنين السعوديين والمقيمين. كما يلاحظ أن الاعتقاد الديني يعتبر ذات تأثير حيث تصل نسبة المقيمين والقادمين من خارج المملكة المستخدمين للطابق الأرضي نحو ٢٩% ، ٢٨,٧% على الترتيب بينما تصل هذه النسبة إلى ١٩,٦% فقط في حالة المواطنين السعوديين.

١٠ - بالنسبة لطلّاء الذين لم يستخدموا الطابق العلوي فقد اتضح أن هناك نسبة ١٦,٨% من الساعين بالطابق الأرضي لا تعرف أن هناك طابقاً علوياً. كما أن هناك نسبة ٢٦% لا تستخدم الطابق العلوي لصعوبة الوصول إليه. كما تصل نسبة من لم يستخدموا الطابق العلوي بسبب سهولة الحركة بالطابق الأرضي إلى ٣٤%.

١١ - بالنسبة للطابق السطحي فقد اتضح أن الأسباب الرئيسية في عدم استخدامه تكمن في عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إلى السطح.

١٢ - بالنسبة لأسباب تفضيل الطابق العلوي فقد اتضح أن السبب الرئيسي في استخدام الطابق العلوي يرجع إلى أنه أقل ازدحاماً من الطابق الأرضي حيث تبلغ نسبة من يستخدمونه لهذا السبب ٨٥%. أما الأسباب الأخرى وإن كانت ليست عالية إلا

أنها تشير إلى أن هناك بعض الساعين يفضلون الطابق العلوى لوجود عربات مجانية أو وجود انشراح نفسى.

١٣- بالنسبة لأسباب عدم استخدام الطابق الأرضى فيتضح أن السبب الرئيسى فى عدم استخدامه يرجع إلى كثرة الزحام به حيث تبلغ نسبة من فضلوا عدم استخدامه لهذا السبب ٨٧,٢%. كما يظهر أن هناك نسبة ٧% لم يستخدموا الطابق الأرضى لعدم توفر عربات مجانية.

١٤- بالنسبة لأسباب عدم استخدام الطابق السطحى بالنسبة للساعين فى الطابق العلوى فقد اتضح أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إلى السطح.

١٥- بالنسبة لزمن السعى حسب العمر فقد تبين أن نسبة من يسعون فى زمن أكثر من ساعة فى الطابق الأرضى (٢٧,٢%) أعلى منه فى الطابق العلوى (١٧,٥%) مما يتبين منه أن الحركة فى الطابق العلوى أفضل منها فى الطابق الأرضى.

١٦- توضح التحليلات أن هناك نسبة ٣٢,٥% من الساعين يلاقون صعوبات فى السعى وبدراسة هذه الصعوبات فى كل من الطابقين الأرضى والعلوى فإنه تبين أن نسبة عالية من الساعين فى الطابق الأرضى تواجه صعوبات بسبب الازدحام حيث تصل هذه النسبة إلى ٧٥,٨% وتقل هذه النسبة فى الطابق العلوى حيث تبلغ ٥١,٥% فقط. وقد ظهر نوع من الصعوبات فى الطابق الأرضى ليس موجوداً فى الطابق العلوى وهو تداخل الساعين مع المشاة من غير الساعين الداخلين إلى الحرم من أبواب الحرم المطلة على المسعى. كما أن عدم توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة فى الطابق العلوى قد ظهر فى الطابق العلوى.

١٧- بالنسبة لخصائص حركة الساعين فإنه يتضح أنه بمقارنة الحركة فى الموقعين ذات الحركة العادية وذات الهرولة فإنه يتضح أن الكثافة تبدو منخفضة فى حالة الموقع ذات الهرولة عنه فى حالة الموقع ذات الحركة العادية. وقد أثر ذلك على معدل التدفق حيث تبين أن معدل التدفق قد نقص فى حالة الموقع ذات الهرولة نتيجة نقصان الكثافة. كما وصلت السرعة فى حالة الهرولة أكثر من ٤٠% عنه فى حالة الحركة العادية (من ١٦٧ إلى ٢٣٩,٣ قدم/ثانية).

١٨- بالنسبة للعلاقة بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص في حالة السير العادية والهرولة
ثم في الحالتين معاً فقد اتضح تأثير السرعة بالكثافة. فعلى سبيل المثال اتضح أنه لمدى
مساحة متاحة أقل من ٢٥ قدم مربع لكل شخص فإن السرعة تتأثر بدرجة كبيرة في
حالة المشى العادى أما في حالة الهرولة فإن ذلك يحدث عند مساحة أقل من ٥٠ قدم
مربع لكل شخص.

١٩- اتضح أن أفضل العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص هي تلك
التي تتبع الصيغة التالية:

$$V=A+B \times \ln (S)$$

حيث: V = السرعة ، S = المساحة المتاحة للشخص

٢٠- اتضح وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص في جميع
الحالات كما تبين أن المساحة لها معامل بالسالب وهذا من الطبيعي حيث إنه كلما
زادت الكثافة زاد معدل التدفق.

٢١- تبين وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والسرعة وهذا يتفق مع دليل سعة الطرق
الأمريكي. كما اتضح أن أفضل علاقات تربط بين معدل التدفق والسرعة هي
علاقات خطية.

٢٢- تبين من أتمودج المحاكاة أن الطاقة الاستيعابية المثلى في حالة الكثافة المنخفضة تصل
إلى ٨٦٠ شخص/ساعة وتصل إلى ١٠٠٠٠ شخص/ساعة في حالة الكثافة
المتوسطة. أما في حالة الكثافة العالية فإنها تصل إلى ٤٠٠٠٠ شخص/ساعة.

كما أوصت هذه الدراسة بما يلي:

أ- نظراً لانخفاض نسبة الساعين في الطابق العلوى والسطح بالقارنة بالطابق الأرضى فإنه
يجب تكثيف الإرشاد وتوعية الساعين خاصة القادمين من خارج المملكة بوجود

طوابق أخرى غير الطابق الأرضى لتخفيف الزحام في الطابق الأرضى.

ب- بالنسبة للإرشاد والتوجيه يجب الأخذ في الاعتبار كيفية مخاطبة الأمين لتوجيههم

حيث تبين ارتفاع نسبتهم بالطابق الأرضى.

ج- تبين ارتفاع نسبة الساعين في الطابق الأرضي بسبب الاعتقاد الديني. لهذا يجب الأخذ في الاعتبار هذا السبب في الإرشاد لإقناع الساعين بإمكانية توجهه إلى استخدام الطوابق الأخرى بالمسعى.

د- إن الأسباب الرئيسية في عدم استخدام الطابق السطحي بالنسبة للساعين في الطابق العلوي تكمن في عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح حيث تبلغ نسبة الساعين لهذا السبب نحو ٢٢,٦%. كما أن صعوبة الوصول إلى السطح كان سبباً رئيسياً في عدم استخدام الساعين لهذا الطابق حيث بلغت نسبتهم ٥٢,٧%. فتكثيف الإرشاد والتوعية واجب أساسي كما أن تبصير الساعين بكيفية الوصول إلى السطح تعتبر في غاية الأهمية.

هـ- ضرورة توجيه الداخلين للحرم من أبواب المسعى المطلّة على الساحة الشرقية من الكبارى العابرة للمسعى للدخول للحرم.

و- توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة في الطابق العلوي.

ز- تبين من هذا البحث أن الطاقة الاستيعابية المثلى في حالة الكثافة العالية تصل إلى ٤٠٠٠ شخص/ساعة. لذا يجب مقارنة هذه السعة مع سعة الجمرات وبخاصة لهؤلاء الذين يقصدون الحرم بعد الانتهاء من رمي الجمرات بغرض السعى وكذلك مقارنة تلك السعة بسعة الطواف.

المحتويات

- ١ - مقدمة ١
- ٢ - الدراسات السابقة ٢
- ٣ - خطة البحث ٢
- ٣-١ - خصائص الساعين وتحركاتهم ٢
- ٣-٢ - نمذجة حركة الساعين ٣
- ٣-٣ - تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى ٣
- ٤ - تحليل البيانات ٧
- ٤-١ - خصائص الساعين ٧
- ٤-١-١ - توزيع الساعين حسب إقامتهم ٧
- ٤-١-٢ - توزيع الساعين حسب الأعمار ٨
- ٤-١-٣ - المستوى التعليمي ٨
- ٤-٢ - توزيع الساعين على طوابق المسعى ٩
- ٤-٢-١ - التوزيع النسبي للساعين على طوابق المسعى ٩
- ٤-٢-٢ - أسباب تفضيل الطابق الأرضي ١٠
- ٤-٢-٣ - أسباب عدم استخدام الطابق العلوي ١١
- ٤-٢-٤ - أسباب عدم استخدام الطابق السطحي بالنسبة للساعين في الطابق الأرضي ١٢
- ٤-٢-٥ - أسباب تفضيل الطابق العلوي ١٣
- ٤-٢-٦ - أسباب عدم استخدام الطابق الأرضي ١٣
- ٤-٢-٧ - أسباب عدم استخدام الطابق السطحي بالنسبة للساعين في الطابق العلوي ١٤
- ٤-٢-٨ - زمن السعى ١٥
- ٤-٢-٩ - الصعوبات التي يلاقيها الساعون ١٥
- ٤-٣ - خصائص حركة الساعين ١٦
- ٤-٣-١ - مقارنة خصائص الحركة العادية بحركة الهرولة ١٧

- ١٧..... ٢-٣-٤ مقارنة نتائج التدفق المتقطع والمستمر
- ١٨..... ٣-٣-٤ مقارنة خصائص الحركة مع أماكن أخرى بالعالم
- ١٩..... ٤-٣-٤ نمذجة السرعة والمساحة المتاحة للشخص
- ٢١..... ٥-٣-٤ نمذجة التدفق والمساحة المتاحة للشخص
- ٢٣..... ٦-٣-٤ نمذجة السرعة ومعدل التدفق
- ٢٦..... ٤-٤-٤ تقدير الطاقة الاستيعابية
- ٢٦..... ١-٤-٤ التوزيعات الاحتمالية للأنشطة
- ٣٠..... ٢-٤-٤ بناء أنموذج المحاكاة
- ٣٠..... ١-٢-٤-٤ وصف الأنموذج
- ٣٢..... ٢-٢-٤-٤ تأكيد وإثبات صحة الأنموذج
- ٣٥..... ٣-٤-٤ إجراء التجارب على الأنموذج
- ٤٥..... ٥- النتائج
- ٥١..... ٦- التوصيات
- ٥٢..... ٧- المراجع

قائمة الجداول

- جدول رقم (٤-١) : التوزيع النسبي للساعين حسب أماكن القدوم ٧
- جدول رقم (٤-٢) : التوزيع النسبي للساعين حسب أماكن القدوم ٨
- جدول رقم (٤-٣) : التوزيع النسبي للساعين حسب العمر ٩
- جدول رقم (٤-٤) : التوزيع النسبي للساعين حسب المستوى التعليمي ٩
- جدول (٤-٥) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب تفضيل الطابق الأرضي ١١
- جدول (٤-٦) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم
- ١٢ الطابق العلوى
- جدول (٤-٧) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم
- ١٢ الطابق السطحي
- جدول (٤-٨) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب تفضيل الطابق
- ١٣ العلوى
- جدول (٤-٩) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم
- ١٤ الطابق الأرضي
- جدول (٤-١٠) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم
- ١٤ الطابق السطحي
- جدول (٤-١١) : التوزيع النسبي للساعين حسب زمن السعى ١٥
- جدول (٤-١٢) : التوزيع النسبي للساعين حسب الصعوبات التي واجهوها ١٦
- جدول (٤-١٣) : خصائص حركة التدفق المتقطع والمستمر ١٧
- جدول (٤-١٤) : متوسط سرعة المشى (قدم/دقيقة) لبعض الأقطار ١٨
- جدول (٤-١٥) : العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص ٢١
- جدول (٤-١٦) : العلاقات الرياضية بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص ٢٣
- جدول (٤-١٧) : العلاقات الرياضية بين السرعة ومعدل التدفق ٢٤
- جدول رقم (٤-١٨) : خلاصة نتائج اختبار (كا^٢) لجودة المطابقة للبيانات
- ٢٧ الخاصة بالكثافة المنخفضة

- جدول رقم (٤-١٩) : خلاصة نتائج اختبار (كا^٢) لجودة المطابقة للبيانات الخاصة بالكثافة المتوسطة ٢٨
- جدول رقم (٤-٢٠) : خلاصة نتائج اختبار (كا^٢) لجودة المطابقة للبيانات الخاصة بالكثافة العالية ٢٩
- جدول رقم (٤-٢١) : خلاصة النتائج لتشغيل الأنموذج بأرقام ثابتة ٣٣
- جدول رقم (٤-٢٢) : العدد المتوقع للساعين في كل نشاط (منطقة) وفق مواصفات الكثافة والمساحة المتاحة لكل منطقة ونسبة الحركة بما ٣٨
- جدول رقم (٤-٢٣) : خلاصة نتائج التجارب التجارب علي الأنموذج في حالة الكثافة المنخفضة ٣٩
- جدول رقم (٤-٢٤) : خلاصة نتائج التجارب علي الأنموذج في حالة الكثافة المتوسطة ٤١
- جدول رقم (٤-٢٢) : خلاصة نتائج التجارب علي الأنموذج في حالة الكثافة العالية ٤٣

يزداد إقبال المعتمرين علي المسجد الحرام خلال شهر رمضان المبارك حيث يحرص سكان مكة المكرمة والقادمين إليها من أنحاء المملكة وخارجها علي أداء صلوات العشاء والتراويح ويلاحظ أن هذا الإقبال يتزايد تزايداً ملحوظاً خلال العشر الأواخر من شهر رمضان المبارك في المسجد الحرام ويبلغ أقصى عدد من المصلين في شهر رمضان ليلة السابع والعشرين منه. كما يزيد عدد المعتمرين في هذه الليلة بدرجة كبيرة وبالطبع فإن هؤلاء المعتمرين يتجهون إلي المسعى بغرض السعى بين الصفا والمروة. وتزيد درجة الازدحام بدرجة كبيرة نتيجة زيادة عدد الساعين وتعتبر دراسة الحركة بالمسعى في غاية الأهمية حيث إنه يعتبر جزءاً من سلسلة الشعائر التي يقوم بها المعتمرون أو الحجاج. فبالنسبة للمعتمرين فإنهم يقومون بالسعى بين الصفا والمروة بعد الطواف أما بالنسبة للحجاج فإنهم يقومون بالسعى يوم العاشر من ذي الحجة كما يؤدون طواف الوداع. لذا فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى في حالتى المعتمرين والحجاج تعتبر ذات أهمية قصوى. ففي الحالة الأولى (المعتمرين) فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى يجب تقديره ليتم مقارنته بالطاقة الاستيعابية للطواف حتى يكون هناك توازن بين الطائفتين والساعين. وفي الحالة الثانية (الحجاج) فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى يفيد في مقارنته بالطاقة الاستيعابية للجمرات وبخاصة يوم الثانى عشر من ذي الحجة بحيث يكون هناك توازن بين أعداد الراحمين والساعين. ويركز هذا البحث علي دراسة حركة الساعين بين الصفا والمروة. وتهدف الدراسة الحالية إلي ما يلي :

- أ - التعرف علي خصائص الساعين .
- ب - التعرف علي خصائص حركة الساعين.
- ج - نمذجة خصائص حركة الساعين
- د - تقدير الطاقة الاستيعابية المثلى للمسعى عن طريق بناء أنموذج محاكاة لحركة الساعين مع الأخذ في الاعتبار ما يلي :

١ - متوسط زمن السعي.

٢ - كثافات الساعين.

٣ - أماكن الاختناقات.

٢- الدراسات السابقة:

تتعلق الدراسة الحالية بحركة الساعين في المسعى. وتعتبر هذه من الدراسات المتعلقة بحركة إنشاء. وعلم هندسة وتخطيط النقل والمرور يشتمل على العديد من الدراسات المتعلقة بهذه الحركة في كثير من دول العالم. وقد اشتمل دليل سعة الطرق الأمريكي على جزء خاص متعلق بحركة المشاة (١). ويلاحظ أنه غير منطقي تطبيق النماذج الرياضية المتعلقة بحركة المشاة والتي عملت في بعض مدن العالم على حركة الساعين لعدة أسباب أهمها أن حركة الساعين تعتبر فريدة حيث يتكون الساعون من أناس من مختلف أنواع العالم ومن مدن نامية ومتقدمة. لذا فإن خصائص حركتهم تختلف عن خصائص أى مدينة في العالم. وتعتبر الدراسات السابقة الخاصة بالمسعى قليلة جداً. فمن أهم الدراسات التي تناولت الحركة في المسجد الحرام هي دراسة الحركة بالمطاف عام ١٤٠٨ هـ — (٢) ودراسة حركة الحجاج في المسعى عام ١٤٠٣ هـ (٣). وقد ركزت الدراسة الأولى أهدافها على حركة المصلين عند أبواب المسجد الحرام والطواف. أما الدراسة الثانية والمتعلقة بالمسعى فقد مضى عليها أكثر من ١٢ عاماً بالإضافة إلى أنها لم تتناول الجوانب التي تم دراستها في الدراسة الحالية لاختلاف أهدافها. فلم تهدف الدراسة السابقة إلى نمذجة حركة الساعين أو تقدير الطاقة الاستيعابية.

٣- خطة البحث :

تضمنت خطة البحث منهجاً استطلاعياً تحليلياً وقد شملت خطة البحث ما يلي:

٣-١- خصائص الساعين وتحركاتهم:

تم دراسة خصائص الساعين وتحركاتهم عن طريق استبيانات للساعين. وقد شمل ذلك تحديد عينة من الساعين طبقاً للمعادلة التالية (٤، ٥) :

$$E = Z \sqrt{(p(1-p)/n)(1-n/N)} \dots\dots\dots(1)$$

حيث:

E = نسبة الخطأ المسموح به

Z = المتغير الموحد

p = النسبة الحقيقية

n = حجم العينة

N = حجم المجتمع

وبلاحظ من هذه المعادلة أن حجم العينة يعتمد على عدة عوامل مثل نسبة الخطأ المسموح به وكذلك النسبة الحقيقية ومعامل الثقة ، وفي هذه الحالة إذا فرض أن $\alpha = 0.1$ ، ومعامل الثقة $= 0.90$ ، ونسبة خطأ تساوى ٣ % فإنه ينتج عن ذلك عينة حجمها ٢٧٩ . وقد شمل الاستبيان عينة حجمها ٦٧٥ ساعياً مما يعتبر مقبولاً إحصائياً.

٣-٢ نموذج حركة الساعين:

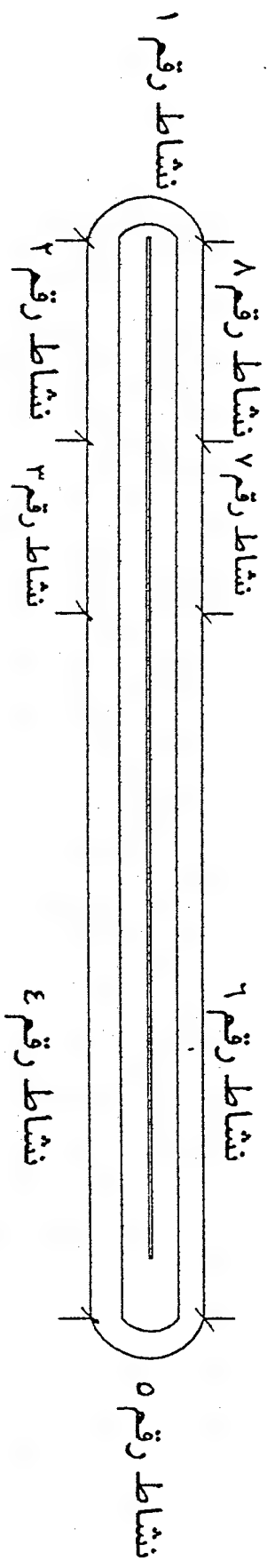
بالنسبة لنموذج حركة الساعين فقد كان المطلوب هو الحصول على البيانات المتعلقة بالسرعة ، والمساحة المتاحة للشخص ، ومعدل التدفق. وقد تم الحصول على هذه البيانات عن طريق التصوير بالفيديو في موقعين بالمسعى حيث يعطى الموقع الأول البيانات الخاصة بالحركة العادية للساعين في حين يعطى الموقع الثانى البيانات الخاصة بالهرولة (منطقة الضوء الأخضر). وقد تم بناء العديد من النماذج الرياضية للحصول على أفضلها كما سيتضح فيما بعد.

٣-٣ تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى:

وقد شمل خطة تحقيق ذلك مايلى:

أ- تقسيم منطقة السعى إلى مناطق محددة ذات أنشطة:

يبين شكل (١) تقسيم منطقة السعى إلى عدة مناطق يمكن قياس أزمنة انتقال الساعين فيها بسهولة ودقة. وتشمل هذه الأنشطة مايلى:



شكل رقم (٢) كروكي لبيان الأنشطة المختلفة في المسعى

١- النشاط الأول: ويبدأ من بداية الدخول إلى منطقة الصفا (نقطة رقم ١) وينتهي مع نهاية منطقة الصفا (نقطة رقم ٢) . ويلاحظ أن النقطتان رقمي (١) ، (٢) في هذا النشاط تختلفان في كل طابق من الطوابق الثلاثة وعليه مسجل القراءات سؤال مشرف القراءات بخصوصه .

٢- النشاط الثاني : ويبدأ من النقطة رقم (٢) حتى الخط الأخضر الأول تجاه المروءة (نقطة ٣).

٣- النشاط الثالث : ويبدأ من النقطة رقم (٣) وحتى الخط الأخضر الثاني تجاه المروءة (نقطة ٤) والمثلة بمنطقة ما بين الأخضرين .

٤ - النشاط الرابع : ويبدأ من النقطة (٤) وحتى بداية الدخول إلى منطقة المروءة (نقطة ٥) .

٥ - النشاط الخامس : ويبدأ من بداية الدخول إلى منطقة المروءة (نقطة ٥) وينتهي مع نهاية منطقة المروءة (نقطة رقم ٦) ويلاحظ بأن النقطتين رقمي (٥) ، (٦) في هذا النشاط تختلفان في كل طابق من الطوابق الثلاث وعلى مسجل القراءات سؤال مشرف القراءات بخصوصه .

٦- النشاط السادس : ويبدأ من النقطة (٦) حتى الخط الأخضر الأول تجاه الصفا (نقطة ٧).

٧- النشاط السابع : ويبدأ من النقطة (٧) وحتى الخط الأخضر الثاني تجاه الصفا (نقطة ٨) والمثلة بمنطقة ما بين الأخضرين .

٨- النشاط الثامن : ويبدأ من النقطة (٨) وحتى بداية الدخول إلى منطقة الصفا (نقطة ١) .

ب - تصميم نماذج لجمع البيانات :

تم تصميم نموذج جمع البيانات الخاص بتسجيل القراءات كما هو في ملحق

رقم (١) .

ج - تدريب الطلاب على جمع البيانات:

تم توعية الطلاب بكيفية جمع البيانات وقد طلب منهم تعبئة المعلومات العامة على النموذج في البداية وبالنسبة لرصد قراءات الأنشطة في الخانات المخصصة لها وزع عليهم التعليمات التالية:

١ - يبدأ المسجل بتسجيل زمن النشاط من النقطة (١) .ممتابعة ساعي معين وعند

وصول النقطة (٢) يسجل القراءة من ساعة التوقيت.

٢ - يستمر المسجل في تسجيل الأنشطة التالية ويسجل القراءات الخاصة بها إلى أن

تنتهي المجموعة بالقراءات للنشاط (٨) .

٣ - تكون عملية التسجيل من مرحلتين : الأولى منها التسجيل على مسودة

والثانية مبيضة ، حيث تترك وحدة التسجيل في المسودة بالطريقة التي يرغب

بها المسجل بينما في المبيضة يقوم المسجل برصدها بالثواني لأقرب عدد

صحيح.

٤ - عند اكتمال النموذج وإعداد المبيضة لابد من الحصول على اسم وتوقيع

المشرف كإعتماد منه على صحة البيانات ويجب أن يتم ذلك قبل مغادرة

المسجل الموقع .

٥ - علي المسجل عدم تعقب نفس الشخص وإنما يغير الشخص لتسجيل القراءة

من موقع لآخر مع محاولة الاختيار العشوائي للأشخاص.

٦ - علي المسجل الالتزام بالجدول الموضوع لرصد البيانات.

د - تحديد منطقة للتصوير بالفيديو :

تم تحديد منطقتين للتصوير بالفيديو إحداهما في منطقة الضوء الأخضر وهي

منطقة الهرولة والأخرى في المنطقة التي تقع قبلها بحيث تعكس متغيرات السرعة

والكثافة والتدفق في حالة الهرولة وحالة السرعة العادية .

هـ - التحليل الإحصائي الآلي للبيانات.

و - الاختبارات الإحصائية علي البيانات.

ز - بناء نموذج محاكاة.

ح - ترتيب البيانات لاستخدامها في النموذج .

ط - إجراء التجارب علي النموذج .

ى-مناقشة النتائج .

ويلاحظ هنا أن نموذج المحاكاة قد اعتمد أساساً على زمن الأنشطة المختلفة وهذا من المستحسن في مثل هذه الحالة حيث يعكس هذا الزمن خصائص الساعين أنفسهم بالإضافة إلى خصائص الحركة في حد نفسها مثل الكثافة والسرعة.

٤- تحليل البيانات :

٤-١ خصائص الساعين :

٤-١-١ توزيع الساعين حسب إقامتهم:

يوضح الجدول (٤-١) التوزيع النسبي للساعين حسب إقامتهم ويتضح من هذا الجدول أن أعلى نسبة للساعين في الطابق الأرضي هي لـ ٨٨,٨ % يليها المقيمون حيث تصل نسبتهم إلى ٨٢,٣ % بينما تصل نسبة السعوديين إلى ٦٧,٤ % أما بالنسبة للطابق العلوي فيظهر أن أعلى نسبة هي للسعوديين يليها المقيمون ثم القادمين من خارج المملكة. وهذا يمكن تبريره بأن السعوديين والمقيمين على دراية أكثر من القادمين من خارج المملكة بطوابع المسعى. وبالنسبة للساعين على السطح فقد اتضح أن نسبتهم قليلة جداً مما أدى إلى استبعادها. ويلاحظ أن نسبة من يستخدمون الطابق الأرضي من الساعين بصفة عامة تصل إلى ٨٢,٨ % بينما تصل نسبة من يستخدمون الطابق العلوي إلى ١٧,٢ % فقط. كما يبين جدول (٤-٢) التوزيع النسبي للساعين حسب جنسيتهم في كل طابق ويتضح من الجدول أن نسبة السعوديين تعتبر أقل نسبة يليها المقيمون ثم القادمين من خارج المملكة بالنسبة للطابق الأرضي. والعكس صحيح بالنسبة للطابق العلوي.

جدول رقم (٤-١) : التوزيع النسبي للساعين حسب أماكن القدوم .

| الطابق الجنسية | الأرضي | العلوي | كل السعي |
|-------------------|--------|--------|----------|
| سعوديون | ٦٧,٤ | ٣٢,٦ | ١٠٠ |
| مقيمون | ٨٢,٣ | ١٧,٧ | ١٠٠ |
| من خارج المملكة | ٨٨,٨ | ١١,٢ | ١٠٠ |
| المجموع | ٨٢,٨ | ١٧,٢ | ١٠٠ |

جدول رقم (٢-٤) : التوزيع النسبي للساعين حسب أماكن القდوم .

| الجنسية الطابق | مواطن سعودي | مقيم | من خارج المملكة | المجموع |
|-------------------|-------------|------|-----------------|---------|
| الأرضى | ١٦,٨ | ٢٤,٨ | ٥٨,٤ | ١٠٠ |
| العلوى | ٣٨,٩ | ٢٥,٧ | ٣٥,٤ | ١٠٠ |

٢-١-٤ توزيع الساعين حسب الأعمار :

يوضح جدول (٣-٤) التوزيع النسبي للساعين حسب أعمارهم ويتضح من هذا الجدول أنه بالنسبة للطابق الأرضي فإن نسبة الساعين الذين يسعون في الطابق العلوى تزيد بالنسبة لفئتي الأعمار أقل من ٢٠ عاماً ، وكذلك من ٢١-٤٠ عاماً عنه بالنسبة للطابق الأرضى حيث تبلغ ٦,٢% ، ٦٨,١% على التوالى في حين تبلغ في حالة الطابق الأرضى ٣,٨% ، ٦٠,٤% لنفس فئتي الأعمار.

كما يظهر الجدول أيضاً اتجاه الساعين الذين يتجاوز أعمارهم ٦٠ عاماً إلى استخدام الدور الأرضى أكثر من الدور العلوى حيث تصل نسبتهم إلى ٦,٤% في الطابق الأرضى مقارنة بنحو ٢,٧% في الطابق العلوى.

٣-١-٤ المستوى التعليمي :-

يوضح جدول (٤-٤) التوزيع النسبي للساعين حسب المستوى التعليمي ويتضح من هذا الجدول ارتفاع المستوى التعليمي حيث تصل نسبة الأمية إلى ١٠,٥% فقط ويظهر من الجدول اتجاه المثقفين إلى الاتجاه إلى الطابق العلوى حيث يلاحظ أن نسبة الساعين ذات المستوى الجامعي تصل إلى ٤٩,١% في الطابق العلوى بينما تصل نسبتهم في الطابق الأرضى إلى ٣٥% فقط. كما يلاحظ من الجدول اتجاه الأميين إلى الطابق الأرضى أكثر من الطابق العلوى ويمكن تبرير ذلك بأن نسبة عالية منهم لاتعرف أن هناك طابقاً علوياً للمسى.

| جدول رقم (٤-٣) : التوزيع النسبي للساعين حسب العمر . | | | |
|---|--------|--------|----------|
| الطابق الجنسية | الأرضي | العلوي | كل السعي |
| أقل من ٢٠ عاماً | ٣,٨ | ٦,٢ | ٤,٣ |
| ٢١-٤٠ | ٦٠,٤ | ٦٨,١ | ٦١,٦ |
| ٤٠-٦٠ | ٢٩ | ٢٣ | ٢٧,٧ |
| أعلى من ٦٠ عاماً | ٦,٨ | ٢,٧ | ٦,٤ |
| المتوسط | ٨٢,٨ | ١٧,٢ | ١٠٠ |

| جدول رقم (٤-٤) : التوزيع النسبي للساعين حسب المستوي التعليمي . | | | |
|--|--------|--------|----------|
| الطابق الجنسية | الأرضي | العلوي | كل السعي |
| أمي | ١١,٧ | ٦,٣ | ١٠,٥ |
| ابتدائي | ١٠,١ | ٨,٠ | ٩,٥ |
| متوسط | ١٧,٤ | ١٠,٧ | ١٦,٤ |
| ثانوي | ٢٥,٨ | ٢٥,٩ | ٢٥,٨ |
| جامعي | ٣٥,٠ | ٤٩,١ | ٣٧,٧ |
| المجموع | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ |

٤-٢ توزيع الساعين على طوابق المسعى

٤-٢-١ التوزيع النسبي للساعين على طوابق المسعى

يتبين من جدول (٤-١) ، (٤-٢) أن هناك إقبالاً ملحوظاً على استخدام الطابق الأرضي حيث تصل نسبة من يستخدمونه إلى ٨٢,٨% وتعتبر هذه النسبة عالية إذا ما قورنت بالطابق العلوي الذي يبلغ نسبة الساعين به ١٧,٢% فقط.

وبالنسبة لتوزيع الساعين على طوابق المسعى طبقاً لجنسياتهم فقد تضمن الاستبيان شرحاً للأسباب التي دعت الساعين إلى استخدام الطابق الذي سعوا فيه وعن أسباب عدم استخدامهم للطابق الآخر وفيما يلي شرح لذلك:

٤-٢-٢ أسباب تفضيل الطابق الأرضي:

يوضح جدول (٤-٥) التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب استخدامهم الطابق الأرضي ويتضح من هذا الجدول أن نسبة ٣٣,٦% تستخدم الطابق الأرضي لسهولة الوصول إليه ، وتعتبر هذه أعلى نسبة يليها نسبة من يستخدمونه بسبب الاعتقاد الديني (٢٧%). ويتضح من الجدول أيضاً أن هناك نسبة ١٢% ، ٣,٨% تستخدم الطابق الأرضي لعدم المعرفة بأن هناك طابق أرضي ولعدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى.

ومن ناحية أسباب تفضيل استخدام الطابق الأرضي بالنسبة للأميين وغير الأميين فإن النتائج أوضحت أن نسبة الأميين الذين اختاروا الطابق الأرضي تصل إلى ٩٠% بينما تصل هذه النسبة في حالة غير الأميين إلى ٨٢% مما يبين أن هناك أسباباً معينة تجذب الأميين إلى الطابق الأرضي. وبدراسة هذه الأسباب يتبين من جدول (٤-٥) أن إقبال الأميين على استخدام الطابق الأرضي أكثر من غير الأميين يرجع لارتفاع نسبة الأميين الذين لا يعرفون بأن هناك طوابق أخرى حيث تصل نسبتهم إلى ١٩,٤% بينما تصل هذه النسبة في حالة غير الأميين إلى ١١,١% فقط. كما أن عدم معرفة الأميين بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تظهر كسبب لعدم إقبالهم على استخدام تلك الطوابق بالمسعى حيث تصل نسبة الأميين الذين لا يعرفون كيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى في حالة الأميين أكثر من ضعف تلك النسبة في حالة غير الأميين.

أما بالنسبة لمستخدمي المسعى حسب الجنسية فيتضح من جدول (٤-٥) أن نسبة من فضلوا استخدام الطابق الأرضي من المواطنين السعوديين والمقيمين لعدم معرفتهم بأن هناك طوابق أخرى تصل إلى ٤,٩% ، ٣,٢% فقط على التوالي بينما تزيد هذه النسبة في حالة القادمين من خارج المملكة إلى ١٧,٦% وذلك يرجع لعدم معرفتهم الكافية مسبقاً بالحرم. كما أن عدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تزيد في حالة القادمين من

خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلى ٣,٨% مقارنة بنحو ٢% ، ١,٣% في حالة المواطنين السعوديين والمقيمين. كما يلاحظ أن الاعتقاد الديني يعتبر ذات تأثير حيث تصل نسبة المقيمين والقادمين من خارج المملكة المستخدمين للطابق الأرضي نحو ٢٩% ، ٢٨,٧% على الترتيب بينما تصل هذه النسبة إلى ١٩,٦% فقط في حالة المواطنين السعوديين.

جدول (٤-٥) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب تفضيل الطابق الأرضي

| السبب | الأميين | غير الأميين | سعودي | مقيمين | من الخارج | النسبة الكلية |
|--|---------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|
| لأن لا أعرف أن هناك طوابق أخرى | ١٩,٤ | ١١,١ | ٤,٩ | ٣,٢ | ١٧,٦ | ١٢ |
| لا أعرف كيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى | ٧ | ٢,٣ | ٢ | ١,٣ | ٣,٨ | ٢,٩ |
| لأن الطابق الأرضي أقرب ويمكن الوصول إليه بسرعة | ٢٦,٤ | ٣٤,٤ | ٤٨ | ٣٣,٦ | ٢٩,٣ | ٣٣,٦ |
| اعتقاد ديني | ٢٣,٦ | ٢٧,٦ | ١٩,٦ | ٢٩ | ٢٨,٧ | ٢٧ |
| لسهولة الحركة بالطابق الأرضي | ١٩,٤ | ٢٠,٨ | ٢٤,٥ | ٢٨,٤ | ١٦,٣ | ٢٠,٧ |
| أخرى | ٤,٢ | ٣,٨ | ١ | ٤,٥ | ٤,٣ | ٣,٨ |
| المجموع | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ |

٤-٢-٣ أسباب عدم استخدام الطابق العلوي:

يوضح جدول (٤-٦) التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق العلوي ويتضح من هذا الجدول أن هناك نسبة ١٦,٨% من الساعين بالطابق الأرضي لا تعرف أن هناك طابقاً علوياً. كما أن هناك نسبة ٢٦% لا تستخدم الطابق العلوي لصعوبة الوصول إليه. كما تصل نسبة من لم يستخدموا الطابق العلوي بسبب سهولة الحركة بالطابق الأرضي إلى ٣٤%.

وبالنسبة لمستوى التعليم فيعتبر أثره واضحاً حيث ترتفع نسبة من لا يعرفون أن هناك طابقاً علوياً في حالة الأميين إلى ٢٣,٨% مقارنة بنحو ١٤,٣% في حالة غير

الأميين. وبالنسبة لتأثير مكان الإقامة فيتضح من الجدول أن نسبة السعوديين والمقيمين الذين لا يعرفون أن هناك طابقاً علوياً منخفضة للغاية حيث تصل إلى ٣.٣% ، ٥,٧ % بالمقارنة بالقادمين من خارج المملكة والذين تصل نسبتهم إلى ٢٢,٧%.

جدول (٤-٦) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق العلوى

| السبب | الأميين | غير الأميين | سعودى | مقيمين | من الخارج | النسبة الكلية |
|------------------------------------|---------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|
| لأنى لا أعرف أن هناك طابقاً علوياً | ٢٣,٨ | ١٤,٣ | ٣.٣ | ٥,٧ | ٢٢,٧ | ١٦,٨ |
| لصعوبة الوصول إليه | ٢٥,٤ | ٢٧ | ٣٦,٣ | ٣٢,٢ | ٢٢ | ٢٦ |
| لسهولة الحركة بالطابق الأرضى | ٣٣,٣ | ٣٤,٩ | ٤٦,١ | ٣٦,٤ | ٣٠,٨ | ٣٤ |
| أخرى | ١٧,٥ | ٢٣,٨ | ١٤,٣ | ٢٥,٧ | ٢٤,٥ | ٢٣,٢ |
| المجموع | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ |

٣-٢-٤ أسباب عدم استخدام الطابق السطحى بالنسبة للساعين فى الطابق الأرضى:

يوضح جدول (٤-٧) التوزيع النسبي للساعين فى الطابق الأرضى حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق السطحى. ويتضح من هذا الجدول أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إلى السطح.

جدول (٤-٧) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق السطحى

| السبب | % |
|--------------------------------------|------|
| لعدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح | ١٩,٩ |
| لصعوبة الوصول إلى السطح | ٢٨,٣ |
| سهولة الحركة بالطابق الأرضى | ٣٠ |
| أخرى | ٢١,٨ |
| المجموع | ١٠٠ |

٤-٢-٥ أسباب تفضيل الطابق العلوى:

يوضح جدول (٤-٨) التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب استخدامهم الطابق العلوى. ويتضح من هذا الجدول أن السبب الرئيسى فى استخدام الطابق العلوى يرجع إلى أنه أقل ازدحاماً من الطابق الأرضى حيث تبلغ نسبة من يستخدمونه لهذا السبب ٨٥%. أما الأسباب الأخرى وإن كانت ليست عالية إلا أنها تشير إلى أن هناك بعض الساعين يفضلون الطابق العلوى لوجود عربات مجانية أو وجود انشراح نفسى.

وبالنظر لأسباب تفضيل الطابق العلوى للمعتمريين من حيث مستوى التعليم فقد اتضح أن أهم عامل فى حالة الأميين وغير الأميين يرجع لتلافى الزحام فى الطابق الأرضى حيث وصلت نسبة الأميين وغير الأميين الذين سعوا فى الطابق العلوى بالنسبة لهذا السبب ٨٧,٥% ، ٨٤,٤% على التوالى. وبذلك يظهر أن أهم عامل يجذب المعتمريين للطابق العلوى هو تجنب الزحام. كما يظهر هذا العامل جلياً فى الجدول أيضاً فى حالة المعتمريين بكامل فئاتهم. إذ كانوا مواطنين سعوديين أو مقيمين أو من خارج المملكة حيث تصل نسبهم لهذا السبب إلى ٨٨,٣% ، ٨٠,٥% ، ٨٣,٧% على التوالى.

جدول (٤-٨) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب تفضيل الطابق العلوى

| السبب | الأميين | غير الأميين | سعودى | مقيمين | من الخارج | النسبة الكلية |
|---|---------|-------------|-------|--------|-----------|---------------|
| لأن الطابق العلوى أقل ازدحاماً من الطابق الأرضى | ٨٧,٥ | ٨٤,٤ | ٨٨,٣ | ٨٠,٥ | ٨٣,٧ | ٨٥ |
| لوجود عربات مجانية | - | ٤,٦ | ٤,٧ | ٦,٥ | ٢,٣ | ٤,٤ |
| لوجود انشراح نفسى | ١٢,٥ | ٤,٦ | ٤,٧ | ٣,٣ | ٧ | ٥,٣ |
| أخرى | - | ٦,٤ | ٢,٣ | ٩,٧ | ٧ | ٥,٣ |
| المجموع | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ |

٤-٢-٦ أسباب عدم استخدام الطابق الأرضى:

يوضح جدول (٤-٩) التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق الأرضى. ويتضح من هذا الجدول أن السبب الرئيسى فى عدم استخدام الطابق

الأرضى يرجع إلى كثرة الزحام به حيث تبلغ نسبة من فضلوا عدم استخدامه لهذا السبب ٨٧,٢%. كما يظهر أن هناك نسبة ٧% لم يستخدموا الطابق الأرضى لعدم توفر عربلات مجانية.

جدول (٩-٤) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق الأرضى

| السبب | % |
|--|------|
| لأن الطابق الأرضى أكثر ازدحاماً من الطابق العلوى | ٨٧,٢ |
| لعدم وجود عربلات مجانية | ٧ |
| أخرى | ٥,٨ |
| المجموع | ١٠٠ |

٧-٢-٤ أسباب عدم استخدام الطابق السطحى بالنسبة للساعين فى الطابق العلوى:
يوضح جدول (٤-١٠) التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق السطحى. ويتضح من هذا الجدول أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح حيث تبلغ نسبة الساعين لهذا السبب نحو ٢٢,٦%. كما أن صعوبة الوصول إلى السطح كان سبباً رئيسياً فى عدم استخدام الساعين لهذا الطابق حيث بلغت نسبتهم ٥٢,٧%.

جدول (٤-١٠) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق السطحى

| السبب | % |
|--------------------------------------|------|
| لعدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح | ٢٢,٦ |
| لصعوبة الوصول إلى السطح | ٥٢,٧ |
| لعدم وجود ساعين فى هذا المكان | ٧,٥ |
| أخرى | ١٧,٢ |
| المجموع | ١٠٠ |

٤-٢-٨ زمن السعى:

اختلف زمن السعى حسب العمر ويوضح جدول (٤-١١) ذلك. ويتبين من هذا الجدول أن نسبة من يسعون في زمن أكثر من ساعة في الطابق الأرضي (٢٧,٢%) أعلى منه في الطابق العلوي (١٧,٥%) مما يتبين منه أن الحركة في الطابق العلوي أفضل منها في الطابق الأرضي. وهذا يدعم النتائج السابقة الخاصة بتحول كثير من الساعين إلى استخدام الطابق العلوي بدلاً من الدور الأرضي خوفاً من الزحام. وسوف يتم تناول خصائص الحركة بالتفصيل في الجزء الخاص بذلك.

جدول (٤-١١) : التوزيع النسبي للساعين حسب زمن السعى

| زمن السعى | الطابق الأرضي | الطابق العلوي |
|--------------|---------------|---------------|
| ٣٠ - ٤٤ | ٢٧,٦ | ٣١ |
| ٤٥ - ٦٠ | ٤٥,٢ | ٥١,٥ |
| أكثر من ساعة | ٢٧,٢ | ١٧,٥ |
| المجموع | ١٠٠ | ١٠٠ |

٤-٢-٩ الصعوبات التي يلاقيها الساعون:

توضح التحليلات أن هناك نسبة ٣٢,٥% من الساعين يلاقون صعوبات في السعى وبدراسة هذه الصعوبات في كل من الطابقين الأرضي والعلوي فإنه يتبين من جدول (٤-١٢) أن نسبة عالية من الساعين في الطابق الأرضي تواجه صعوبات بسبب الازدحام حيث تصل هذه النسبة إلى ٧٥,٨% وتقل هذه النسبة في الطابق العلوي حيث تبلغ ٥١,٥% فقط. وقد ظهر نوع من الصعوبات في الطابق الأرضي ليس موجوداً في الطابق العلوي وهو تداخل الساعين مع المشاة من غير الساعين الداخلين إلى الحرم من أبواب الحرم المطلة على المسعى. كما أن عدم توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة في الطابق العلوي قد ظهر في الطابق العلوي.

جدول (٤-١٢) : التوزيع النسبي للساعين حسب الصعوبات التي واجهوها.

| السبب | الطابق الأرضي | الطابق العلوى |
|--|---------------|---------------|
| الازدحام | ٧٥,٨ | ٥١,٥ |
| تداخل الساعين مع المشاة من غير الساعين | ١٨,٨ | - |
| قلة التهوية | - | - |
| عدم توفر عربات للإيجار | - | ١٥ |
| عدم توفر عربات مجانية | - | ٢٨,٥ |
| أخرى | ٥,٤ | ٤ |
| المجموع | ١٠٠ | ١٠٠ |

٤-٣- خصائص حركة الساعين :

تعتبر نمذجة حركة الساعين هامة جداً حيث تساعد كثيراً في عمليات التخطيط لممرات المشاة والتوصل إلى الطاقة الاستيعابية الممكنة لهذه الممرات. ويتضمن دليل سعة الطرق الأمريكي جزءاً خاصاً بنمذجة حركة المشاة في بعض الدول الأوربية. ومن الطبيعي فإن استخدام هذه العلاقات يعتبر دون جدوى حيث إن الساعين يأتون من دول مختلفة سواءً متقدمة أو نامية. وفي حالة الدول النامية فإنه يمكن السماح بتلامس المشاة مع بعضهم البعض الأمر الذى يختلف عنه في حالة الدول المتقدمة. لذلك فإن خصائص الحركة تختلف في حالة الدول النامية عنه في حالة الدول المتقدمة. وحيث إن المسعى يشمل أناساً من دول متقدمة وآخرين من دول نامية فإنه لم يتم من قبل الحصول على خصائص هذه الحركة الفريدة. ويهدف هذا التحليل الخاص بنمذجة حركة الساعين إلى التوصل إلى أفضل العلاقات الرياضية التي تربط المتغيرات الخاصة بحركة الساعين مثل الكثافة ، ومعدل التدفق ، والسرعة. وتعتبر الحركة في المسعى من النوع المتقطع والذى يختلف عن الحركة في القطاع من عرفات إلى مزدلفة والتي تعتبر من النوع المستمر. وبعد التوصل إلى أفضل العلاقات الرياضية بين المتغيرات السابق ذكرها في حالة التدفق المتقطع فإنه سوف يتم المقارنة بين خصائص الحركة في حالة التدفق المتقطع بنظيرتها في حالة التدفق المستمر.

ولقد تم جمع البيانات الخاصة بحركة الساعين مثل السرعة والتدفق والكثافة باستخدام كاميرتين فيديو تم تثبيت الأولى في المنطقة التي تقع بين الأخضرين لتعكس خصائص حركة الهرولة بينما تم تثبيت الثانية خارج منطقة الأخضرين لتعكس خصائص الحركة العادية.

٤-٣-١ مقارنة خصائص الحركة العادية بحركة الهرولة:

يبين جدول (٤-١٣) المتوسط الحسابي والانحراف المعياري للسرعة والمساحة المتاحة للشخص ومعدل التدفق في الموقعين ذات الحركة العادية وذات الهرولة على التوالي. وبمقارنة الحركة في المكانين يتضح أن الكثافة تبدو منخفضة في حالة الموقع ذات الهرولة عنه في حالة الموقع ذات الحركة العادية. ويتبين من الجدول أن السرعة قد وصلت في حالة الهرولة أكثر من ٤٠% عنه في حالة الحركة العادية (من ١٦٧ إلى ٢٣٩,٣ قدم/ثانية). ويظهر أيضا أن معدل التدفق قد نقص في حالة الموقع ذات الهرولة نتيجة نقصان الكثافة.

جدول (٤-١٣) : خصائص حركة التدفق المتقطع والمستمر

| الموقع | حالة التدفق المستمر | حالة التدفق المتقطع | |
|------------------------|---------------------|---------------------|------------|
| | | حركة عادية | حركة هرولة |
| السرعة (قدم/دقيقة) | ٢٥٧,٩ | ١٦٧ | ٢٣٩,٣ |
| | (٢٦,٤) | (٣٦) | (٤٥,٤) |
| المساحة (قدم مربع/شخص) | ٥٨ | ٢٨,٦ | ٦٧,٧ |
| | (٢٧,٤) | (١٨,٢) | (٣٢,٧) |
| تدفق (شخص/دقيقة/قدم) | ١١٤,٢ | ١٣ | ٨,٩ |
| | (٤٧,٣) | (٩,٩) | (٧,٧) |
| حجم العينة | ٣٨٠ | ١٧٨ | ٢١٢ |

ملحوظة: (الأرقام بين الأقواس تعبر عن الانحراف المعياري)

٤-٣-٢ مقارنة نتائج التدفق المتقطع والمستمر:

يظهر جدول (٤-١٣) أيضاً خصائص حركة المشاة في حالة التدفق المستمر والتي تم التوصل إليها من دراسة سابقة (٦) بغرض مقارنة تلك الخصائص بنظيرتها في حالة التدفق المتقطع. ومن المقارنة يتضح مايلي:

١- أن متوسط تدفق الساعين في حالة التدفق المستمر يصل إلى أكثر من ١٠ مرات عنه في حالة التدفق المتقطع.

٢- في حالة الازدحام فإن متوسط الكثافة في حالة التدفق المتقطع أعلى منه في حالة التدفق المستمر. ويؤثر ذلك بالطبع على السرعة ويؤدي إلى انخفاضها في حالة التدفق المتقطع.

وعلى الرغم من أن البيانات في الموقعين تعتبر بيانات مجتمع واحد إلا أن القيم مختلفة تماماً. ويرجع ذلك إلى أن الموقع ذات الهرولة ذات كثافة منخفضة عن الموقع ذات الحركة العادية. ولهذا فقد تم نمذجة الخصائص رياضياً لكل موقع على حدة وكذلك لكلا الموقعين.

٤-٣-٣ مقارنة خصائص الحركة مع أماكن أخرى بالعالم:

يوضح جدول (٤-١٤) متوسط سرعة المشي لبعض المدن في مختلف أنحاء العالم والذي يلاحظ منه أن أقل متوسط سرعة مشي تحدث لمن هم في الرياض حيث تصل إلى ٢١٣ قدم/دقيقة فقط بينما تحدث أعلى سرعة في بتسبيرف. ويظهر من الجدول أن متوسط السرعة في حالة التدفق المستمر يقع بين قيم متوسطات السرعات في مختلف المدن حيث تصل قيمته إلى ٢٥٨ قدم/دقيقة. وبمقارنة متوسط السرعة في حالة التدفق المتقطع (أي في حالة المسعى) تصل إلى ٢٠٦ قدم/دقيقة فإنه يلاحظ أنها أقل من جميع قيم متوسطات السرعات لكل المدن المذكورة في الجدول.

جدول (٤-١٤) : متوسط سرعة المشى (قدم/دقيقة) لبعض الأقطار

| الدولة | متوسط سرعة المشى (قدم/دقيقة) | الدولة | متوسط سرعة المشى (قدم/دقيقة) |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| آسيا: الرياض | ٢١٣ | الولايات المتحدة: كولومبيا | ٢٥٩ |
| مدراس - الهند | ٢٣٦ | نيويورك | ٢٦٥ |
| تايلاند | ٢٤٠ | بتسبيرف | ٢٨٩ |
| سنغافورة | ٢٤٣ | انجلترا | ٢٥٨ |
| كولمبو - سريلانكا | ٢٤٦ | كلجارى-كندا | ٢٧٦ |
| التدفق المستمر | ٢٥٨ | التدفق المتقطع | ٢٠٦ |

٤-٣-٤ : نموذج السرعة والمساحة المتاحة للشخص:

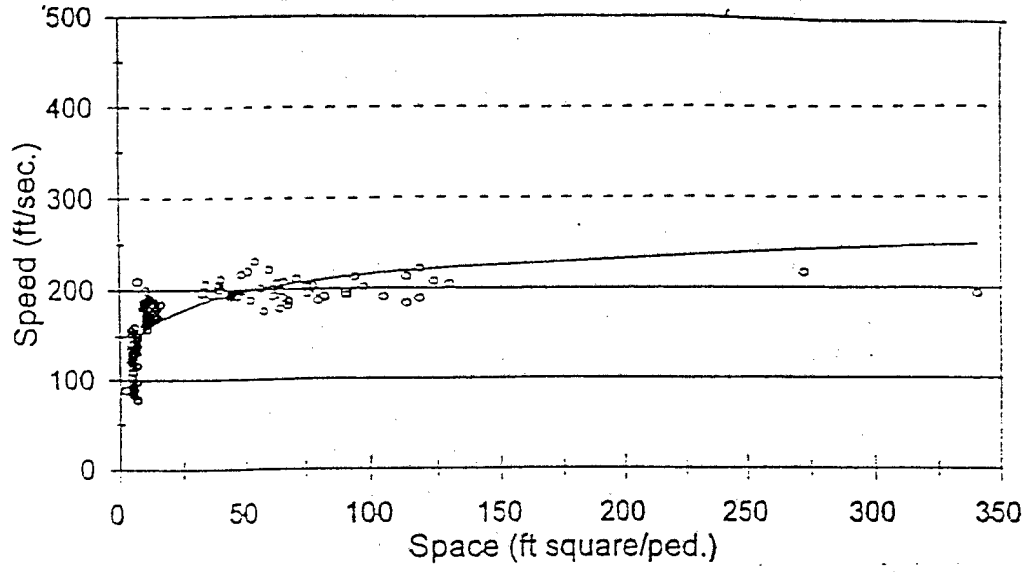
تظهر الأشكال أرقام (٢ حتى ٤) العلاقة بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص في حالة السير العادية والهرولة ثم في الحالتين معاً. ويظهر من الأشكال الثلاثة أنه كلما زادت المساحة المتاحة للشخص فإن السرعة تزيد. كما يظهر من الأشكال أنه عند نفس القيم للمساحة المتاحة للشخص فإن قيم السرعات المناظرة في حالة الهرولة أعلى منه في حالة الحركة العادية. كما يتضح من الأشكال مدى تأثير السرعة بالكثافة. فعلى سبيل المثال فإن الشكلين (٣،٢) يظهران أنه لدى مساحة متاحة أقل من ٢٥ قدم مربع لكل شخص فإن السرعة تتأثر بدرجة كبيرة في حالة المشى العادى أما في حالة الهرولة فإن ذلك يحدث عند مساحة أقل من ٥٠ قدم مربع لكل شخص. ويظهر الجدول (٤-١٥) العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص والذي يتبين منها أفضل هذه العلاقات حسب قيم R-square. ويلاحظ أن أفضل هذه العلاقات يعطى قيماً ل R-square تبلغ ٠,٥٤ في حالة موقع الحركة العادية ، ٠,٥٥ في حالة الهرولة، ٠,٥٤ في الحالتين معاً.

ويتضح من الجدول أن أفضل هذه العلاقات هي تلك التي تتبع الصيغة التالية:

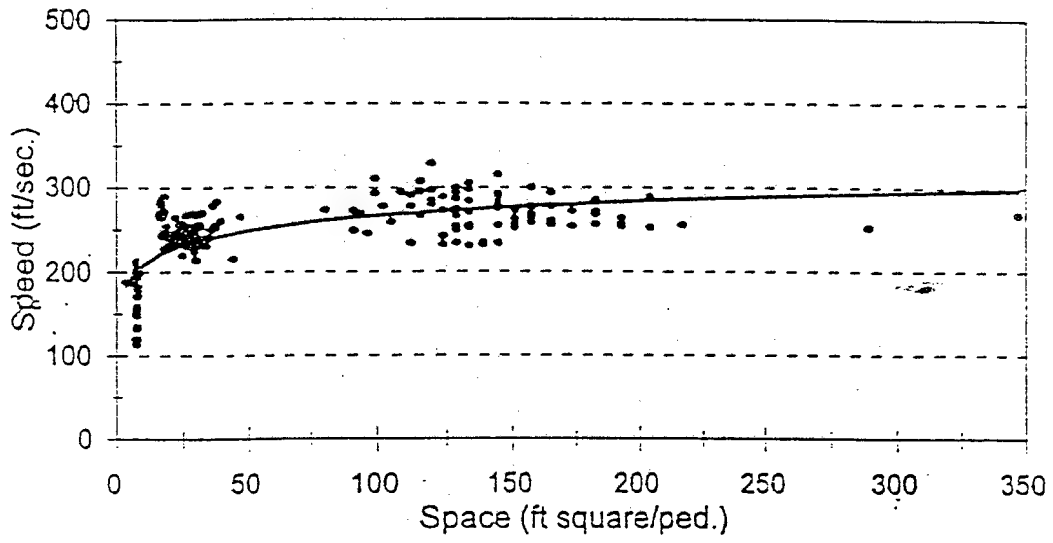
$$V=A+B \times \ln (S)$$

حيث:

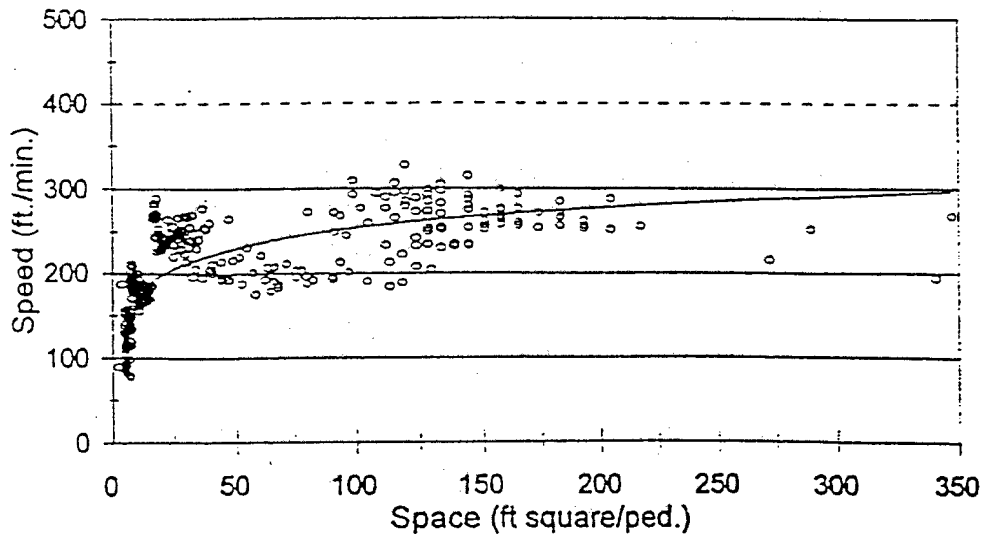
$$V = \text{السرعة} ، S = \text{المساحة المتاحة للشخص}$$



شكل (٢): العلاقة بين المساحة المتاحة والسرعة في الحالة العادية



شكل (٣): العلاقة بين المساحة المتاحة والسرعة في حالة الهرولة



شكل (٤): العلاقة بين المساحة المتاحة والسرعة في الحالتين

جدول (٤-١٥) : العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص.

| الموقع | العلاقات الرياضية | A | B | R-square |
|---------------------|------------------------|---------|--------|----------|
| موقع الحركة العادية | $\ln V=A+Bx\ln(S)$ | 4.6027 | 0.177 | 0.47 |
| | $V=A+B \times \ln (S)$ | 93.9476 | 26.65 | 0.54 |
| | $V=A+Bx (S)$ | 155.48 | 0.4026 | 0.22 |
| موقع الهرولة | $\ln V=A+Bx\ln(S)$ | 5.09 | 0.104 | 0.46 |
| | $V=A+B \times \ln (S)$ | 151 | 25.08 | 0.55 |
| | $V=A+Bx (S)$ | 214.87 | 0.338 | 0.27 |
| كلا الحالتين | $\ln V=A+Bx\ln(S)$ | 96.1 | 34.33 | 0.47 |
| | $V=A+B \times \ln (S)$ | 4.7 | 0.182 | 0.54 |
| | $V=A+Bx (S)$ | 180.537 | 0.523 | 0.35 |

٤-٣-٥ نمذجة التدفق والمساحة المتاحة للشخص:

تظهر الأشكال أرقام (٥ حتى ٧) العلاقة بين التدفق والمساحة المتاحة للشخص في حالة السير العادية والهرولة ثم في الحالتين معاً. ويظهر من الأشكال الثلاثة وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص في جميع الحالات. وهذا يتفق مع المعادلة الآتية:

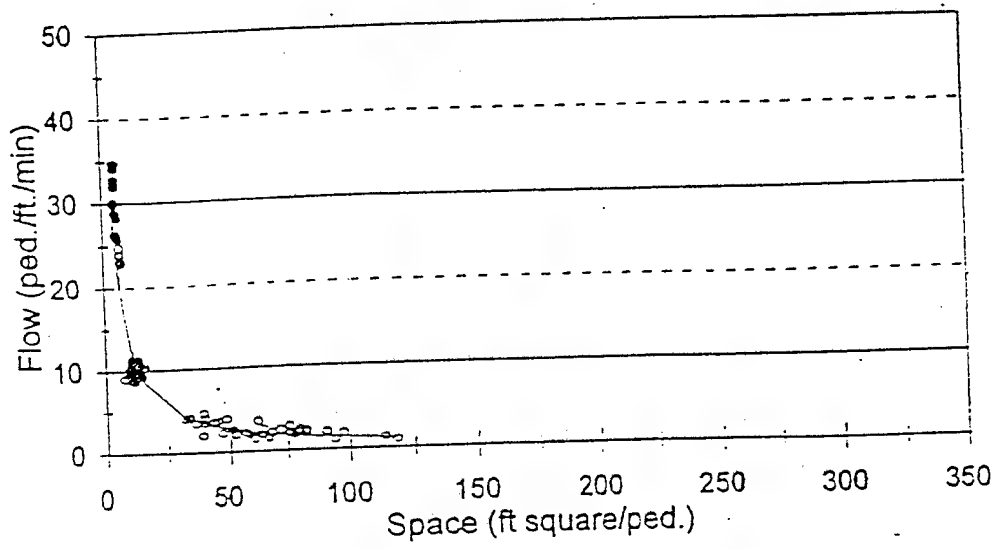
$$\text{معدل التدفق} = \text{السرعة/المساحة}.$$

كما يتبين من جدول (٤-١٦) أن المساحة لها معامل بالسالب وهذا من الطبيعي حيث إنه كلما زادت الكثافة زاد معدل التدفق. ويظهر من الجدول أيضاً أن الدالة اللوغاريتمية هي أفضل العلاقات الرياضية التي تربط بين معدل التدفق والمساحة وهي كالتالي:

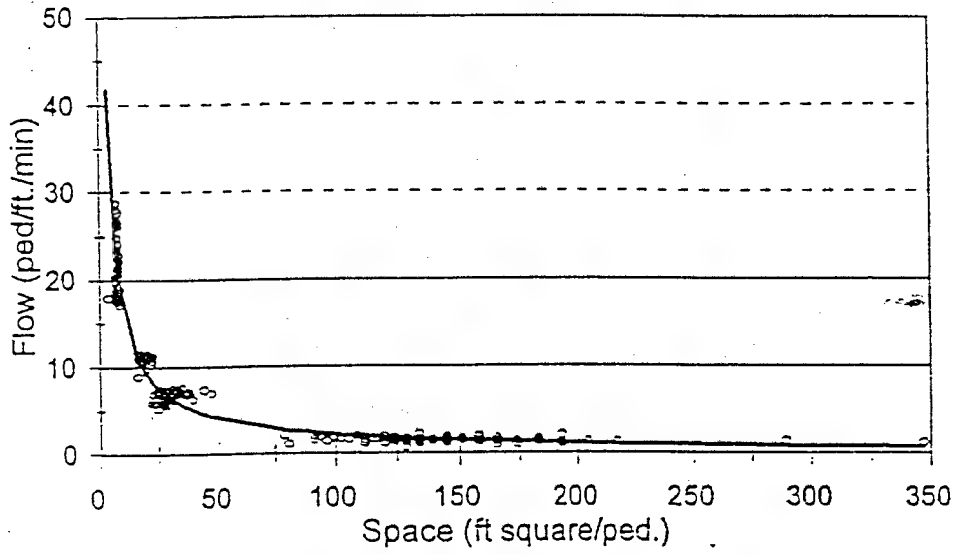
$$\ln(Q)=A+B\ln(S)$$

حيث: $Q = \text{معدل التدفق}$

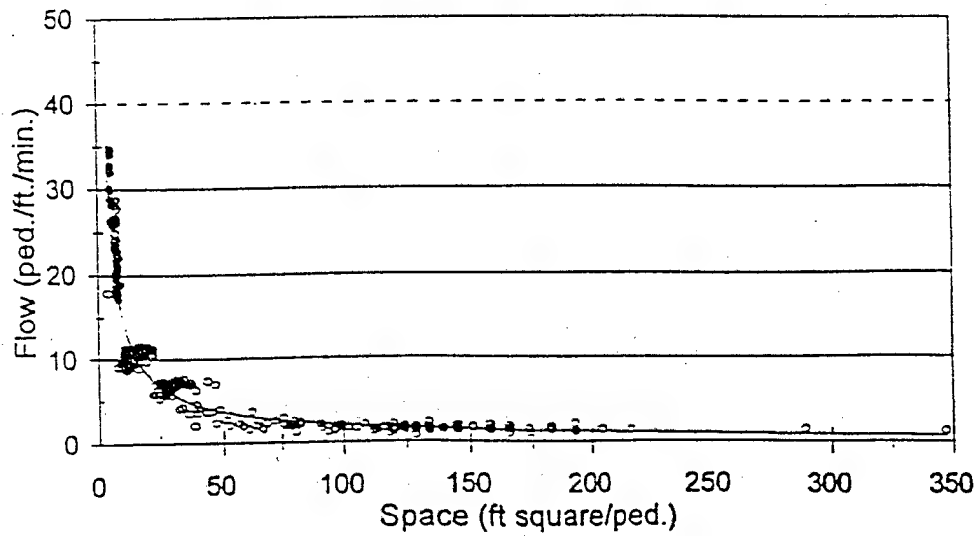
$S = \text{المساحة المتاحة}$



شكل (٥): العلاقة بين المساحة المتاحة ومعدل التدفق في الحالة العادية



شكل (٦): العلاقة بين المساحة المتاحة ومعدل التدفق في حالة الهرولة



شكل (٧): العلاقة بين المساحة المتاحة ومعدل التدفق في الحالتين

جدول (٤-١٦) : العلاقات الرياضية بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص.

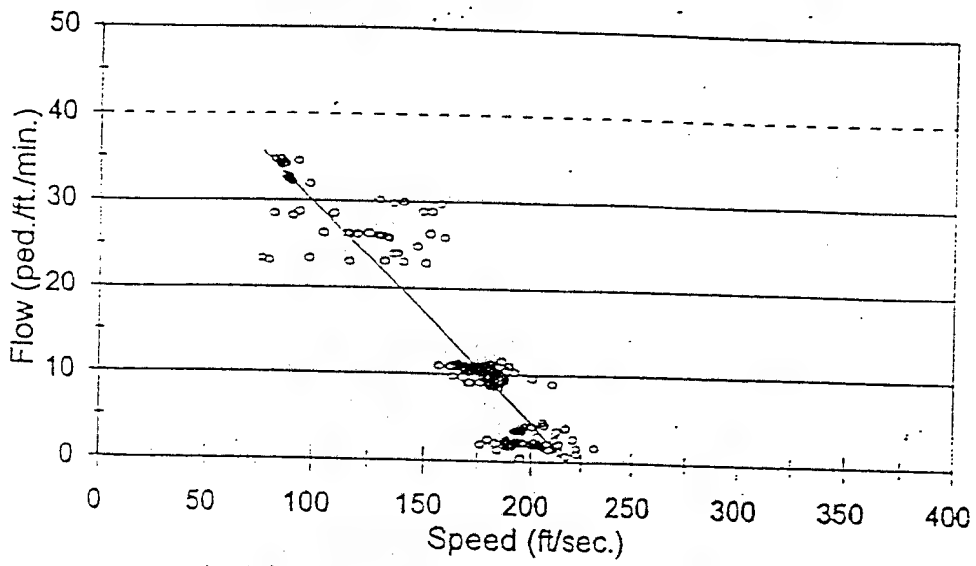
| الموقع | العلاقات الرياضية | A | B | R-square |
|---------------------|--------------------|-------|----------|----------|
| موقع الحركة العادية | $\ln(Q)=A+B\ln(S)$ | 4.82 | -0.966 | 0.95 |
| | $Q=A + B\ln(S)$ | 37.81 | -9.214 | 0.71 |
| | $Q=A + Bx(S)$ | 16.65 | -0.12925 | 0.3 |
| موقع الهرولة | $\ln(Q)=A+B\ln(S)$ | 4.866 | -0.883 | 0.96 |
| | $Q=A + B\ln(S)$ | 30.45 | -0.852 | 0.85 |
| | $Q=A + Bx(S)$ | 14.62 | -0.086 | 0.57 |
| كلا الحالتين | $\ln(Q)=A+B\ln(S)$ | 4.669 | -0.857 | 0.94 |
| | $Q=A + B\ln(S)$ | 31.89 | -6.6 | 0.745 |
| | $Q=A + Bx(S)$ | 15.73 | -0.10186 | 0.442 |

٤-٣-٦ نمذجة السرعة ومعدل التدفق:

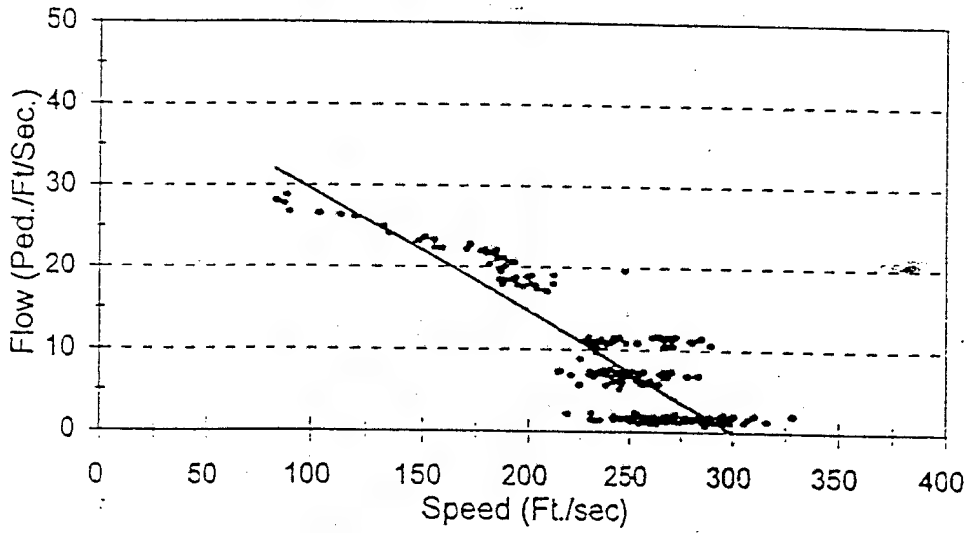
تظهر الأشكال أرقام (٨ حتى ١٠) العلاقة بين السرعة ومعدل التدفق في حالة السير العادية والهرولة ثم في الحالتين معاً. وفي حالة السير العادية فإن السرعة تتراوح بين ٧٥ قدم/دقيقة إلى ٢٣٠ قدم/دقيقة وذلك لمدى تدفق من صفر إلى ٣٥ شخص/قدم/دقيقة. بينما تتراوح السرعة في حالة الهرولة بين ٧٥ قدم/دقيقة إلى ٣٣٠ قدم/دقيقة وذلك لمدى تدفق من صفر إلى ٣٥ شخص/قدم/دقيقة. ويتبين من الأشكال وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والسرعة وهذا يتفق مع دليل سعة الطرق الأمريكي. والعلاقات الرياضية التي تربط بين معدل التدفق والسرعة تظهر في جدول (٤-١٧). وكما يظهر من الجدول فإن أفضل علاقات تربط بين معدل التدفق والسرعة هي علاقات خطية بـ $R\text{-square} = 0.86$ ، 0.75 ، 0.67 ، للحركة العادية والهرولة والحالتين معاً.

جدول (٤-١٧) : العلاقات الرياضية بين السرعة ومعدل التدفق.

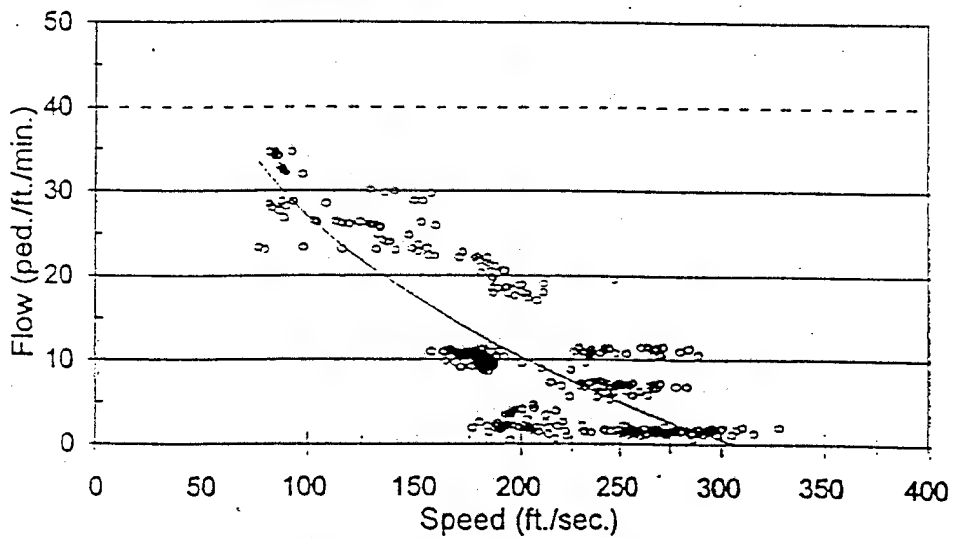
| الموقع | العلاقات الرياضية | A | B | R-square |
|---------------------|---------------------------|--------|---------|----------|
| موقع الحركة العادية | $\ln Q = A + \ln(V)$ | 16.63 | - 2.84 | 0.58 |
| | $Q = A - B \times \ln(V)$ | 190.23 | - 34.84 | 0.82 |
| | $Q = A - B(V)$ | 55.477 | - 0.255 | 0.86 |
| موقع المرولة | $\ln Q = A + \ln(V)$ | 18.57 | - 3.093 | 0.47 |
| | $Q = A - B \times \ln(V)$ | 161.9 | - 28.06 | 0.72 |
| | $Q = A - B(V)$ | 44.36 | - 0.148 | 0.75 |
| كلا الحالتين | $\ln Q = A + \ln(V)$ | 14.519 | - 2.383 | 0.48 |
| | $Q = A - B \times \ln(V)$ | 139.32 | - 24.32 | 0.67 |
| | $Q = A - B(V)$ | 37.6 | - 0.13 | 0.62 |



شكل (٨): العلاقة بين السرعة ومعدل التدفق في الحالة العادية



شكل (٩): العلاقة بين السرعة ومعدل التدفق في حالة الهرولة



شكل (١٠): العلاقة بين السرعة ومعدل التدفق في الحالتين

٤-٤-٤ - تقدير الطاقة الاستيعابية:

٤-٤-١ - التوزيعات الاحتمالية للأنشطة :

لاستخدام زمن الأنشطة في نموذج محاكاة متصف بالخصائص الاحتمالية

(Stochastic Behaviour) تم إجراء اختبار كا^٢ لجودة المطابقة

(Chi-Square-Goodness-of-fit-test) علي توزيعات إحصائية معروفة مثل^(١) :

١. توزيع طبيعي لوغاريتمي (Normal Distribution) .

٢. توزيع أسي (Exponential Distribution) .

٣. توزيع جاما (Gamma Distribution) .

٤. توزيع وايل (Weibull Distribution) .

٥. إلي آخره من توزيعات محتملة .

والجدول رقم (٤-١٨) يوضح خلاصة نتائج هذه الاختبارات لأفضل توزيع مطابق للبيانات الخاصة بالكثافة المنخفضة ، وكذلك الجدول رقم (٤-١٩) للبيانات الخاصة بالكثافة المتوسطة ، وأيضاً الجدول رقم (٤-٢٠) للبيانات الخاصة بالكثافة العالية . ويتضح من هذه الجداول بأنه تم قبول مجموعة من أفضل توزيع احتمالي مفترض ورفض مجموعة أخرى وذلك بناءً علي مستوى دلالة (Significance level) ١٠ % .

جدول رقم (٤-١٨) : خلاصة نتائج اختبار (كا^١) لجودة المطابقة للبيانات الخاصة بالكثافة المنخفضة .

| رقم | رمز النشاط | أفضل توزيع مطابق | قيمة (كا ^١) | درجة الحرية | مستوي الدلالة | نتيجة الاختبار | ملاحظات |
|-----|------------|------------------|-------------------------|-------------|---------------|----------------|---------|
| ١ | ١١٢ | Log normal | ٧,٨٢ | ١٠ | ٠,٦٤٦٦ | نجاح | |
| ٢ | ٢١٢ | Log normal | ٨,٩٠ | ٧ | ٠,٢٥٦٩ | نجاح | |
| ٣ | ٣١٢ | Log normal | ٣,٩٣ | ٧ | ٠,٧٨٧٨ | نجاح | |
| ٤ | ٤١٢ | Log normal | ١٤,٦٨ | ١٠ | ٠,١٤٤٢ | نجاح | |
| ٥ | ٥١٢ | Log normal | ٥,٩٣ | ٧ | ٠,٥٤٧٦ | نجاح | |
| ٦ | ٦١٢ | Log normal | ١١,١٧ | ٩ | ٠,٢٦٤٠ | نجاح | |
| ٧ | ٧١٢ | Log normal | ١٣,٦٨ | ٤ | ٠,٠٠٨٤ | فشل | |
| ٨ | ٨١٢ | Erlong | ١٢,٣١ | ٥ | ٠,٠٣٠٨ | فشل | |

جدول رقم (٤-١٩) : خلاصة نتائج اختبار (كا^١) لجودة المطابقة للبيانات الخاصة بالكثافة المتوسطة .

| رقم | رمز النشاط | أفضل توزيع مطابق | قيمة (كا ^١) | درجة الحرية | مستوى الدلالة | نتيجة الاختبار | ملاحظات |
|-----|------------|------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|----------------|---|
| ١ | ١١٣ | Log normal | ٤,٦٨ | ٦ | ٠,٥٨٨٥ | نجاح | |
| ٢ | ٢١٣ | Gamma | ٢٥,٢١ | ٤ | ^٧ -١٠ × ٥,١٤ | فشل | |
| ٣ | ٣١٣ | Log normal | ٤,١٤ | ٣ | ٠,٢٤٦٦ | نجاح | |
| ٤ | ٤١٣ | Normal | ٢٥,٠١ | ٤ | ^٥ -١٠ × ٥,٠ | فشل | |
| ٥ | ٥١٣ | Gamma | ١١,٤٥ | ٩ | ٠,٢٤٥٨ | نجاح | $\alpha = ٨,٦١٠٨٨$ & $\beta = ١١,٧٢٤٤٧$ |
| ٦ | ٦١٣ | Gamma | ٩,١٤ | ٩ | ٠,٢٤٢٨ | نجاح | $\alpha = ٢٠,٢٢٠٨$ & $\beta = ٨,٦٦٠١٨٣$ |
| ٧ | ٧١٣ | Log normal | ١٣,٩٩ | ٥ | ٠,٠١٥٦ | فشل | |
| ٨ | ٨١٣ | Gamma | ٢١,٥٨ | ٦ | ٠,٠٠١٤ | فشل | |

جدول رقم (٤-٢٠) : خلاصة نتائج اختبار (كا^٢) لجودة المطابقة للبيانات الخاصة بالكثافة العالية

| رقم | رمز النشاط | أفضل توزيع مطابق | قيمة (كا ^٢) | درجة الحرية | مستوي الدلالة | نتيجة الاختبار | ملاحظات |
|-----|------------|------------------|-------------------------|-------------|---------------|----------------|---------------------------------------|
| ١ | ١١١ | Normal | ٥,٤٢١٤ | ٣ | ٠,١٤٣٤ | نجح | |
| ٢ | ٢١١ | Log normal | ٥,٠١٣٦ | ٤ | ٠,٢٨٥٩ | نجح | |
| ٣ | ٣١١ | Log normal | ١,٧٩٥٨ | ٤ | ٠,٧٧٣٢ | نجح | |
| ٤ | ٤١١ | Gamma | ٧,١١٤٢ | ٤ | ٠,١٣٠٠ | نجح | $\alpha=٢٦,٨٦,٩٧$ & $\beta=٧,٦٧٠,٦٥٣$ |
| ٥ | ٥١١ | Gamma | ٥,٠٧٣٧ | ٣ | ٠,١٦٦٥ | نجح | $\alpha=١٣,٥٥١٢$ & $\beta=٨,٥٦٨٣٢$ |
| ٦ | ٦١١ | Log normal | ٢,٠٤٨٣ | ٣ | ٠,٥٦٢٣ | نجح | |
| ٧ | ٧١١ | Log normal | ٤,٨٤٨٤ | ٤ | ٠,٣٠٣٢ | نجح | |
| ٨ | ٨١١ | Gamma | ٠,٨٨٨٤ | ٣ | ٠,٨٢٨٢ | نجح | $\alpha=٣٨,٢٦٣٤$ & $\beta=١,٥٠٢٧٢$ |

٤-٤-٢ بناء أنموذج المحاكاة :

تم استخدام لغة (سلام -٢ SLAM II) لبناء أنموذج المحاكاة (٢) وروعي في ذلك أن يعكس الأنموذج الواقع الفعلي للأنشطة .

٤-٤-٢-١ وصف الأنموذج :

الأنموذج كما هو موضح في الشكل رقم (١١) مكون من مجموعة عقد (Nodes) وأنشطة (Activities) ، أن الجينة (Entity) المتحركة خلال هذه العقد تمثل الساعين وهم يتحركون داخل منطقة السعي المجرأة إلى أنشطة (ثمانية أنشطة) . فبعد أن تحدث الجينة بعقدة الاحداث (Create node ci) تأخذ طريقها إلى الأنشطة الثمانية من خلال عقد الانتظار الخاصة بها . ولقد تم استخدام عقد الموارد (Resource) لتمثل الأماكن المتاحة للساعين وقبل مغادرة الجينة الشبكة يتم تمريرها من خلال عقدة إحصائية (COLCT NODE) والذي يتم فيه حساب إحصائيات عن المدة التي يقضيها الساعي في المسعى.

وروعي في تصميم الأنموذج أن إحصائيات التوزيعات المقترحة للأنشطة والتي تم قبولها في اختبار (كا^٢) لجودة المطابقة بالجدول أرقام (٤-١٨) ، (٤-١٩) ، (٤-٢٠) التوزيعات المقترحة للأنشطة والتي فشلت في الاختبار سيتم بدلا عنها استخدام توزيعات تراكمية خاصة عرفت في عبارات الضبط (Control Statement) بلأنموذج البرمجي (Statement Model) المبين في الملحق رقم (١).

٤-٢-٢-٢ تأكيد وإثبات صحة النموذج :

إن تأكيد وإثبات صحة النموذج (Model Validation & Verification) يعدان من الأمور الأساسية لبناء نموذج محاكاة سليم . وللتوصل لذلك تم تعويض أرقام ثابتة (Deterministic values) لأزمنة الأنشطة حسب النموذج الشبكي المبين في ملحق رقم (٢) وتم تشغيل النموذج ، والجدول رقم (٤-٢١) يوضح خلاصة النتائج لهذا التشغيل. وللتأكد من النتائج الواردة في الجدول رقم (٤-٢١) تم الحصول علي نتائج لحظية (Trace Report) لهذا التشغيل كما في العينة المبينة في الملحق رقم (٣) وتم تحويل هذه النتائج إلى وصف ديناميكي لحركة الساعين بالقيم الثابتة كما هو مبين في الشكل رقم (١٢) ، ومن خلال هذا الشكل تم التوصل إلى الإحصائيات التالية:

١. عدد الجينات التي أكملت الشبكة = ٢ .

متوسط الزمن للجينين = ٨ .

٢. متوسط زمن انتظار الجينات = صفر .

٣. إحصائيات الأنشطة (٤/٣/٢/١):

عدد الجينات التي أكملت هذه الأنشطة = ٦ (عدد المربعات في الشكل).

متوسط نسبة الاستفادة = عدد المربعات (المساحة) ÷ زمن المحاكاة

$$٠,٦ = ١٠ ÷ ٦ =$$

وبنفس الطريقة يمكن حساب إحصائيات الأنشطة الأخرى.

٤- مدى توفر المورد (للمورد رقم ١) = حجم المورد - نسبة الاستفادة.

$$٥,٤ = ٠,٦ - ٦ =$$

وبنفس الطريقة يمكن حساب إحصائيات الموارد الأخرى.

جدول رقم (٢١-٤) : خلاصة النتائج لتشغيل النموذج بأرقام ثابتة .

S L A M I I S U M M A R Y R E P O R T

SIMULATION PROJECT STOC SIM MASAA

BY DR. M. RADHWI

DATE 9/27/1415

RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME .1000E+02

STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION

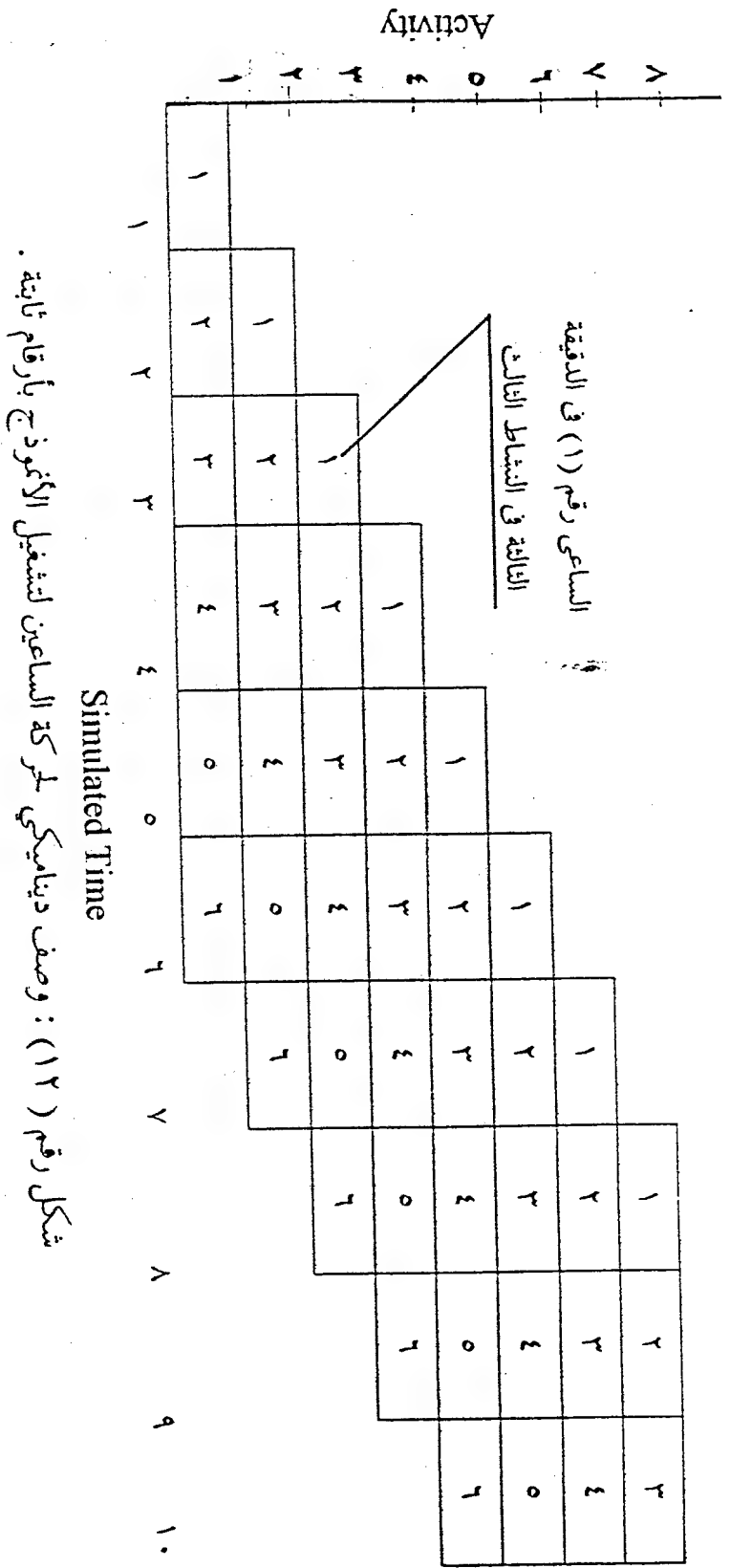
| | MEAN VALUE | STANDARD DEVIATION | COEFF. OF VARIATION | MINIMUM VALUE | MAXIMUM VALUE | NO.OF OBS |
|-----|---------------|-----------------------|------------------------|------------------|------------------|--------------|
| TIS | .800E+01 | .000E+00 | .000E+00 | .800E+01 | .800E+01 | 2 |

FILE STATISTICS

| FILE NUMBER | LABEL/TYPE | AVERAGE LENGTH | STANDARD DEVIATION | MAXIMUM LENGTH | CURRENT LENGTH | AVERAGE WAIT TIME |
|----------------|------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | W1 AWAIT | .000 | .000 | 1 | 0 | .000 |
| 2 | W2 AWAIT | .000 | .000 | 1 | 0 | .000 |
| 3 | W3 AWAIT | .000 | .000 | 1 | 0 | .000 |
| 4 | W4 AWAIT | .000 | .000 | 1 | 0 | .000 |
| 5 | W5 AWAIT | .000 | .000 | 1 | 0 | .000 |
| 6 | W6 AWAIT | .000 | .000 | 1 | 0 | .000 |
| 7 | W7 AWAIT | .000 | .000 | 1 | 0 | .000 |
| 8 | W8 AWAIT | .000 | .000 | 1 | 0 | .000 |
| 9 | CALENDAR | 4.400 | 1.744 | 6 | 4 | .243 |

REGULAR ACTIVITY STATISTICS

| ACTIVITY INDEX/LABEL | AVERAGE UTILIZATION | STANDARD DEVIATION | MAXIMUM UTIL | CURRENT UTIL | ENTITY COUNT |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | .6000 | .4899 | 2 | 0 | 6 |
| 2 | .6000 | .4899 | 2 | 0 | 6 |
| 3 | .6000 | .4899 | 2 | 0 | 6 |
| 4 | .6000 | .4899 | 2 | 0 | 6 |
| 5 | .5000 | .5000 | 2 | 1 | 5 |
| 6 | .4000 | .4899 | 2 | 1 | 4 |
| 7 | .3000 | .4583 | 2 | 1 | 3 |
| 8 | .2000 | .4000 | 2 | 1 | 2 |



شكل رقم (١٢) : وصف ديناميكي لحركة الساعين لتشغيل الأنموذج بأرقام ثابتة .

وبمقارنة الإحصائيات التي تم حسابها من الشكل رقم (١٢) مع ملخص النتائج للتشغيل بالقيم الثابتة الواردة في الجدول رقم (٤-٢١) يتضح بأن النتائج متطابقة تماماً في الحالتين.

٤-٤-٣ إجراء التجارب على الأنموذج :

لقد روعي في إجراء التجارب على الأنموذج ما يلي :

١- إجراء ثلاثة مجموعات من التجارب وفق الآتي :

- المجموعة الأولى تمثل الكثافة المنخفضة .
- المجموعة الثانية تمثل الكثافة المتوسطة .
- المجموعة الثالثة تمثل الكثافة العالية .

٢- تحديد المساحة المتاحة للساعين في عقد الموارد (RESOURCE) للكثافات

المختلفة حسب مواصفات الكثافة المتاحة للساعين (٤) وفق التالي :

- الكثافة المنخفضة : مواصفة الكثافة (A) .
- الكثافة المتوسطة : مواصفة الكثافة (C) .
- الكثافة العالية : مواصفة الكثافة (E) .

٣- حيث اتضح ميدانياً أن نسبة حركة الساعين في بعض الأنشطة (٤ / ٥ / ٦)

تقل وفق درجة الكثافة لذا اقترح تعديل مواصفات الكثافة في هذه الأنشطة كالتالي:

- مواصفة الكثافة (A) : نسبة حركة الساعين ١٠٠ % .
- مواصفة الكثافة (C) : نسبة حركة الساعين ٥٠ % .
- مواصفة الكثافة (E) : نسبة حركة الساعين ١٠ % .

٤- أن تكون مدة تشغيل الأنموذج في كل تجربة (٤٨٨٠٠) ثانية مع إلغاء

إحصائيات أول (٢٠٠٠٠) ثانية لتكون صافي الإحصائيات عن (٢٨٨٠٠)

ثانية المثلثة لثمانية ساعات متوالية ، وذلك للحصول علي نتائج في حالة

الاستقرار (Steady State Conditions)

والجدول رقم (٢٢-٤) يوضح العدد المتوقع للساعين في كل نشاط (منطقة) وفق مواصفات الكثافة والمساحة المتاحة بالتر المربع لكل منطقة ونسبة الحركة بها. ولقد تم استخدام الأعداد المتوقعة كأماكن متاحة للساعين في عقد الموارد (Resource) بالأنموذج. وتم قسمة هذه الأعداد علي أرقام ثابتة قبل استخدامها في الأنموذج لتفادي محدوديتها من الناحية الفنية .

وبناء علي ما ذكر ، فقد تم تشغيل الأنموذج وإجراء التجارب عليه في حالة الكثافة المنخفضة حسب الأنموذج الشبكي المبين في الشكل رقم (١١) وذلك بإستخدام البيانات الخاصة بهذه الحالة والمبينة في الجدول رقم (٤-١٨) . والجدول رقم (٤-٢٣) يوضح خلاصة نتائج التجارب علي الأنموذج ، وتم استخدام هذه النتائج للحصول علي منحنى أداء النظام (System Performance Curve) المبين في الشكل رقم (١٣) .

ويتضح من الجدول رقم (٤-٢٣) والشكل رقم (١٣) ما يلي :

١. ينخفض عدد الساعين (حسابيا) مع زيادة زمن فيما بين الأحداث .
٢. يثبت عدد الساعين (محاكاة) في مستوي معين مع زيادة زمن فيما بين الأحداث وحتى فترة معينة وبعد ذلك يبدأ في الانخفاض .
٣. توجد هناك نقطة التقاء للمنحنيات واضحة بجلاء في الشكل رقم (١٣) .
٤. السبب في عدم التقاء المنحنيات قبل هذه النقطة يعود إلي ازدحام النظام بالساعين .

وبناء علي ما ذكر ، فإن:

الطاقة الاستيعابية المثلى في حالة الكثافة المنخفضة = $6880 \div 8$ ساعات

= ٨٦٠ شخص/ساعة.

وبنفس الطريقة ثم إجراء التجارب علي النموذج في حالة الكثافة المتوسطة وذلك باستخدام البيانات التي تخص هذه الحالة). والجدول رقم (٤-٢٤) يوضح خلاصة نتائج هذه التجارب وباستخدام هذه النتائج تم الحصول على منحنى أداء النظام لهذه الحالة حسب المبين في الشكل رقم (١٤) ، ومنها تم استخلاص الطاقة الاستيعابية المثلى للساعين في حالة الكثافة المتوسطة المتمثل في :

$$\text{الطاقة الاستيعابية المثلى للساعين في حالة الكثافة المتوسطة} = 80200 \div 8 \text{ ساعات} = 10000 \text{ شخص/ساعة}.$$

وكذلك تم تشغيل النموذج وإجراء التجارب عليه في حالة الكثافة العالية . والجدول رقم (٤-٢٣) يوضح خلاصة نتائج التجارب في هذه الحالة وباستخدام هذه النتائج تم الحصول على منحنى أداء النظام لحالة الكثافة العالية المبين في الشكل رقم (١٥) ، وتم استخلاص الطاقة الاستيعابية المثلى للساعين في هذه الحالة والمتمثل في :

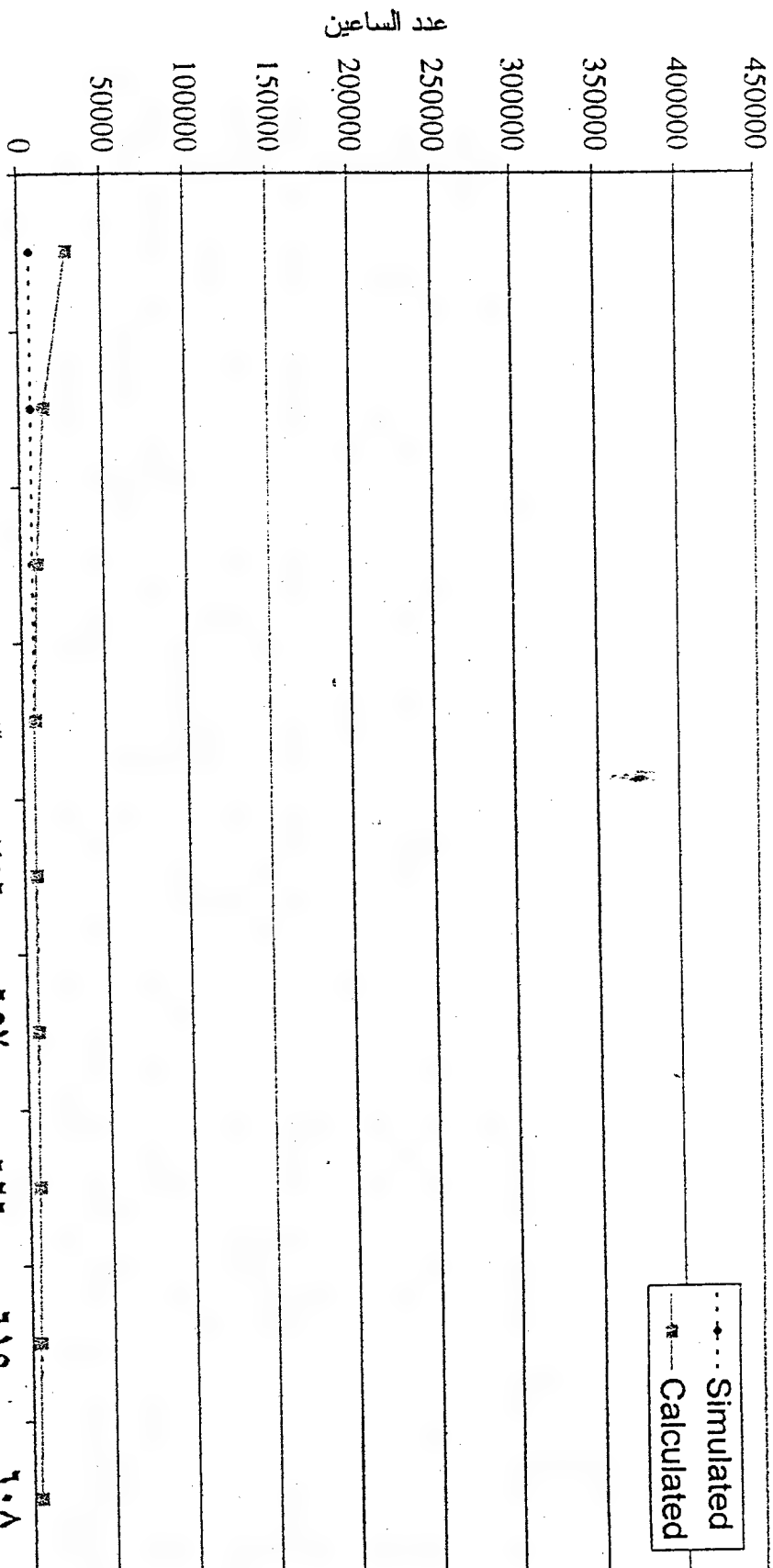
$$\text{الطاقة الاستيعابية المثلى للساعين في حالة الكثافة العالية} = 20900 \div 8 \text{ ساعات} = 4000 \text{ شخص/ساعة}.$$

جدول رقم (٢٢-٤) : العدد المتوقع للساعين في كل نشاط (منطقة) وفق مواصفات الكثافة والمساحة المتاحة لكل منطقة ونسبة الحركة بها .

| ملاحظات | العدد المتوقع وفق مواصفة الكثافة | | | نسبة الحركة | المساحة (م ^٢) | رقم النشاط (المنطقة) |
|---------|----------------------------------|-----|-----|-------------|---------------------------|------------------------|
| | E | C | A | | | |
| | ١٩٧٩ | ٥٤٠ | ٩٩ | % ١٠٠ | ١١٨٧,٢ | ١ |
| | ٢٧٥٩ | ٧٥٢ | ١٣٨ | % ١٠٠ | ١٦٥٥,٢ | ٢ |
| | ٦٧٣ | ١٨٤ | ٣٤ | % ١٠٠ | ٤٠٤ | ٣ |
| | -- | -- | ٤٠ | % ١٠٠ | | |
| | -- | ٤٧٦ | -- | % ٥٠ | ٤٧٦ | ٤ |
| | ٢٣٣٢ | -- | -- | % ١٠ | | |
| | -- | -- | ٢١ | % ١٠٠ | | |
| | -- | ٢٤٨ | -- | % ٥٠ | ٢٤٨ | ٥ |
| | ١٢١٥ | -- | -- | % ١٠ | | |
| | -- | -- | ٤٠ | % ١٠٠ | | |
| | -- | ٤٧٦ | -- | % ٥٠ | ٤٧٦ | ٦ |
| | ٢٣٣٢ | -- | -- | % ١٠ | | |
| | ٦٧٣ | ١٨٤ | ٣٤ | % ١٠٠ | ٤٠٤ | ٧ |
| | ٢٧٥٩ | ٧٥٢ | ١٣٨ | % ١٠٠ | ١٦٥٥,٢ | ٨ |

جدول رقم (٢٣-٤) خلاصة نتائج التجارب علي النموذج في حالة الكثافة المنخفضة

| متوسط الزمن | عدد الساعين | | زمن فيما بين الأحداث (ثانية) | كثافة | | |
|-------------|-------------|--------|--------------------------------|-------|--------|--------|
| | محاكاة | حسابيا | | قسمة | مواصفة | فعلية |
| ٢٦٣٠٠ | ٦٩٧ | ٢٨٨٠ | ١٠ | ١٠ | A | منخفضة |
| ١٨٣٠٠ | ٦٨٣ | ١٤٤٠ | ٢٠ | ١٠ | A | منخفضة |
| ١٠٢٠٠ | ٦٨٥ | ٩٦٠ | ٣٠ | ١٠ | A | منخفضة |
| ٢٠٣٠ | ٦٨٧ | ٧٢٠ | ٤٠ | ١٠ | A | منخفضة |
| ٧٥٦ | ٦٨٨ | ٦٨٦ | ٤٢ | ١٠ | A | منخفضة |
| ٦٥٧ | ٦٤٢ | ٦٤٠ | ٤٥ | ١٠ | A | منخفضة |
| ٦٢٦ | ٥٧٦ | ٥٧٦ | ٥٠ | ١٠ | A | منخفضة |
| ٦١٥ | ٤٨١ | ٤٨٠ | ٦٠ | ١٠ | A | منخفضة |
| ٦٠٨ | ٤١٠ | ٤١١ | ٧٠ | ١٠ | A | منخفضة |

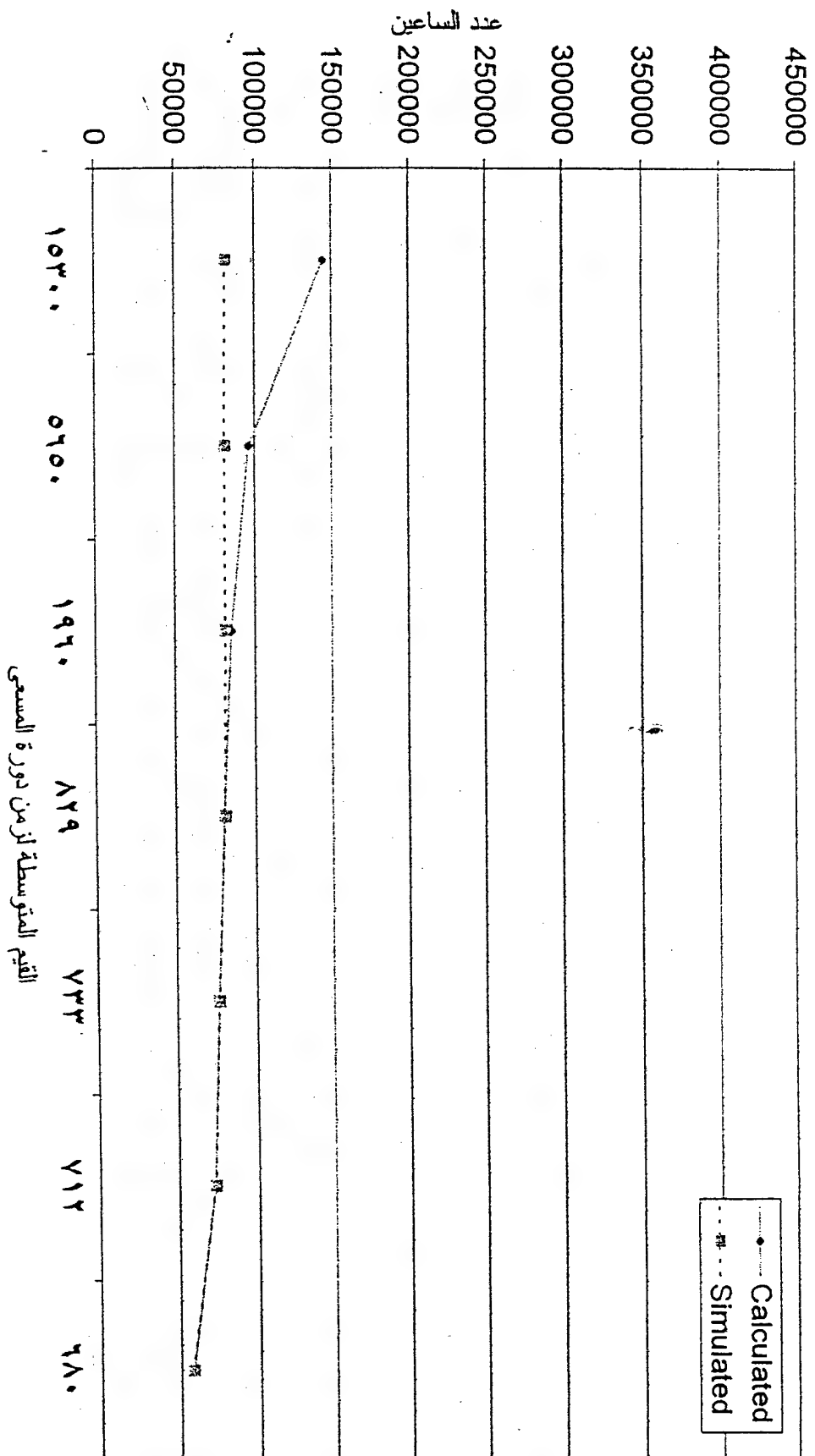


القيم المتوسطة لزمين دورة المسعى

شكل رقم (١٣): منحني أداء النظام في حالة الكثافة المنخفضة

جدول رقم (٢٤-٤) خلاصة نتائج التجارب علي النموذج في حالة الكثافة المتوسطة .

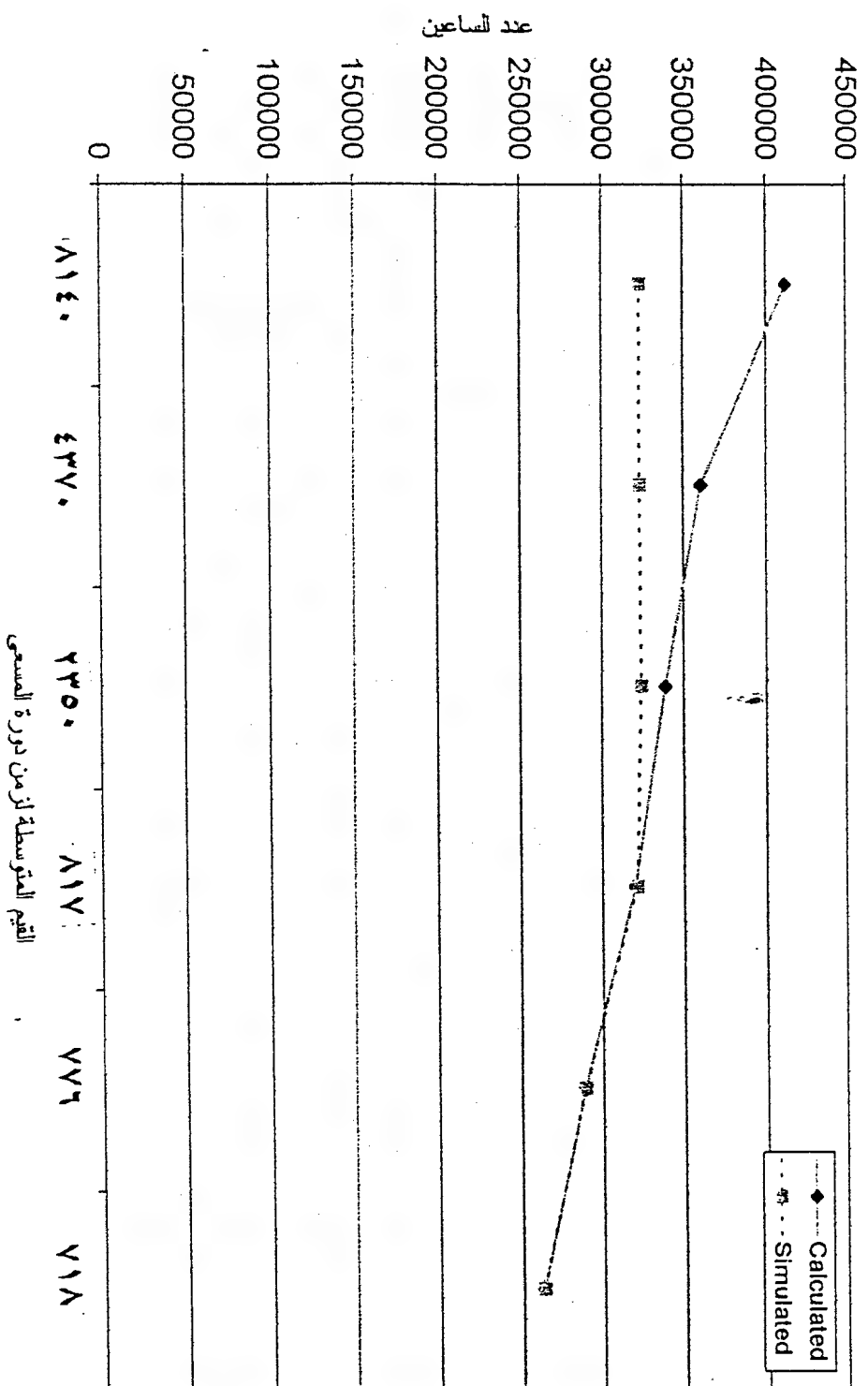
| متوسط الزمن | عدد الساعين | | زمن فيما بين الأحداث (ثانية) | كثافة | | |
|----------------|-------------|--------|-----------------------------------|-------|--------|--------|
| | محاكاة | حسابيا | | قسمة | مواصفة | فعلية |
| ١٥٣٠٠ | ٨١٤ | ١٤٤٠ | ٢٠ | ١٠٠ | C | متوسطة |
| ٥٦٥٠ | ٨١١ | ٩٦٠ | ٣٠ | ١٠٠ | C | متوسطة |
| ١٩٦٠ | ٨٠٨ | ٨٤٧ | ٣٤ | ١٠٠ | C | متوسطة |
| ٨٢٩ | ٨٠٢ | ٨٠٠ | ٣٦ | ١٠٠ | C | متوسطة |
| ٧٣٣ | ٧٥٩ | ٧٥٨ | ٣٨ | ١٠٠ | C | متوسطة |
| ٧١٢ | ٧٢٢ | ٧٢٠ | ٤٠ | ١٠٠ | C | متوسطة |
| ٦٨٠ | ٥٧٥ | ٥٧٦ | ٥٠ | ١٠٠ | C | متوسطة |



شكل رقم (١٤): منحنى أداء النظام في حالة الكثافة المتوسطة

جدول رقم (٢٥-٤) خلاصة نتائج التجارب علي الأنموذج في حالة الكثافة العالية

| متوسط الزمن | عدد الساعين | | زمن فيما بين الأحداث (ثانية) | كثافة | | |
|----------------|-------------|--------|----------------------------------|-------|--------|-------|
| | محاكاة | حسابيا | | قسمة | مواصفة | فعلية |
| ٨١٤٠ | ٣٢٣٠ | ٤١١٤ | ٧ | ١٠٠ | E | عالية |
| ٤٣٧٠ | ٣٢٣٠ | ٣٦٠٠ | ٨ | ١٠٠ | E | عالية |
| ٢٣٥٠ | ٣٢٤٠ | ٣٣٨٨ | ٨,٥ | ١٠٠ | E | عالية |
| ٨١٧ | ٣٢٠٩ | ٣٢٠٠ | ٩ | ١٠٠ | E | عالية |
| ٧٨١ | ٢٨٨٠ | ٢٨٨٠ | ١٠ | ١٠٠ | E | عالية |
| ٧٧٦ | ٢٦٢٠ | ٢٦١٨ | ١١ | ١٠٠ | E | عالية |



شكل رقم (١٥): منحنى أداء النظام في حالة الكثافة العالية

٥- النتائج

أدت التحليلات السابقة إلى استخلاص النتائج التالية:

١-٥ خصائص الساعين :

١-١-٥ توزيع الساعين حسب إقامتهم:

- أ- يلاحظ أن نسبة من يستخدمون الطابق الأرضي من الساعين بصفة عامة تصل إلى ٨٢,٨% بينما تصل نسبة من يستخدمون الطابق العلوي إلى ١٧,٢% فقط.
- ب - اتضح أن أعلى نسبة للساعين في الطابق الأرضي هي لهؤلاء القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلى ٨٨,٨% يليها المقيمون حيث تصل نسبتهم إلى ٨٢,٣% بينما تصل نسبة السعوديين إلى ٦٧,٤%. وهذا يمكن تربيته بأن السعوديين والمقيمين على دراية أكثر من القادمين من خارج المملكة بطوابق المسعى. وبالنسبة للساعين على السطح فقد اتضح أن نسبتهم قليلة جداً مما أدى إلى استبعادها..

٢-١-٥ توزيع الساعين حسب الأعمار :

اتضح من التحليلات مايلي:

- أ- بالنسبة للطابق الأرضي فإن نسبة الساعين الذين يسعون في الطابق العلوي تزيد بالنسبة لفئتي الأعمار أقل من ٢٠ عاماً ، من ٢١-٤٠ عاماً عنه بالنسبة للطابق الأرضي حيث تبلغ ٦,٢% ، ٦٨,١% على التوالي في حين تبلغ في حالة الطابق الأرضي ٣,٨% ، ٦٠,٤% لنفس فئتي الأعمار.
- ب- تبين أيضاً انخفاض نسبة الساعين في الطابق العلوي لمن تتجاوز أعمارهم ٦٠ عاماً حيث تصل إلى ٢,٧% فقط مقارنة بنحو ٦,٤% بالنسبة للطابق الأرضي.

٣-١-٥ المستوى التعليمي :

بالنسبة للمستوى التعليمي فقد اتضح مايلي:

- أ- ارتفاع المستوى التعليمي حيث تصل نسبة الأمية إلى ١٠,٦% فقط.

ب- ظهر اتجاه المثقفين إلى استخدام الطابق العلوي واضحاً حيث يلاحظ أن نسبة الساعين ذات المستوى الجامعي تصل إلى ٤٩,١ % في الطابق العلوي بينما تصل نسبتهم في الطابق الأرضي إلى ٣٥ % فقط. كما يلاحظ من الجدول اتجاه الأميين إلى الطابق الأرضي أكثر من الطابق العلوي ويمكن تبرير ذلك بأن نسبة عالية منهم لا تعرف أن هناك طابقاً علوياً للمسعى.

٥-٢ توزيع الساعين على طوابق المسعى:

أ- تبين أن هناك إقبالاً ملحوظاً على استخدام الطابق الأرضي حيث تصل نسبة من يستخدمونه إلى ٨٢,٨ % وتعتبر هذه النسبة عالية إذا ما قورنت بالطابق العلوي الذي يبلغ نسبة الساعين به ١٧,٢ % فقط.

ب- اتضح أن هناك نسبة ٣٣,٦ % من الساعين تستخدم الطابق الأرضي لسهولة الوصول إليه. وتعتبر هذه النسبة هي الأعلى يليها نسبة من يستخدمونه بسبب الاعتقاد الديني (٢٧ %). ويتضح من الجدول أيضاً أن هناك نسبة ١٢ % ، ٣,٨ % تستخدم الطابق الأرضي لعدم المعرفة بأن هناك طابقاً أرضي ولعدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى.

ج- من ناحية أسباب تفضيل استخدام الطابق الأرضي بالنسبة للأميين وغير الأميين فقد اتضح أن نسبة الأميين الذين اختاروا الطابق الأرضي تصل إلى ٩٠ % بينما تصل هذه النسبة في حالة غير الأميين إلى ٨٢ % مما يبين أن هناك أسباباً معينة تجذب الأميين إلى الطابق الأرضي. وبدراسة هذه الأسباب يتبين أن إقبال الأميين على استخدام الطابق الأرضي أكثر من غير الأميين يرجع لارتفاع نسبة الأميين الذين لا يعرفون بأن هناك طوابق أخرى حيث تصل نسبتهم إلى ١٩,٤ % بينما تصل هذه النسبة في حالة غير الأميين إلى ١١,١ % فقط. كما أن عدم معرفة الأميين بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تظهر كسبب لعدم إقبالهم على استخدام تلك الطوابق بالمسعى حيث تصل نسبة الأميين الذين لا يعرفون كيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى في حالة الأميين أكثر من ضعف تلك النسبة في حالة غير الأميين.

د - بالنسبة لمستخدمي المسعى حسب الجنسية فيتضح أن نسبة من فضلوا استخدام الطابق الأرضي من المواطنين السعوديين والمقيمين لعدم معرفتهم بأن هناك طوابق أخرى تصل إلى ٩,٤% ، ٢,٣% فقط على التوالي بينما تزيد هذه النسبة في حالة القادمين من خارج المملكة إلى ٦,١٧% وذلك يرجع لعدم معرفتهم الكافية مسبقاً بالحرم. كما أن عدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تزيد في حالة القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلى ٨,٣% مقارنة بنحو ٢% ، ٣,١% في حالة المواطنين السعوديين والمقيمين. كما يلاحظ أن الاعتقاد الديني يعتبر ذات تأثير حيث تصل نسبة المقيمين والقادمين من خارج المملكة المستخدمين للطابق الأرضي نحو ٢٩% ، ٧,٢٨% على الترتيب بينما تصل هذه النسبة إلى ٦,١٩% فقط في حالة المواطنين السعوديين.

هـ - بالنسبة لهؤلاء الذين لم يستخدموا الطابق العلوي فقد اتضح أن هناك نسبة ٨,١٦% من الساعين بالطابق الأرضي لا تعرف أن هناك طابقاً علوياً. كما أن هناك نسبة ٢٦% لا تستخدم الطابق العلوي لصعوبة الوصول إليه. كما تصل نسبة من لم يستخدموا الطابق العلوي بسبب سهولة الحركة بالطابق الأرضي إلى ٣٤%.

و - بالنسبة للطابق السطحي فقد اتضح أن الأسباب الرئيسية في عدم استخدامه تكمن في عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إلى السطح.

ز - بالنسبة لأسباب تفضيل الطابق العلوي فقد اتضح أن السبب الرئيسي في استخدام الطابق العلوي يرجع إلى أنه أقل ازدحاماً من الطابق الأرضي حيث تبلغ نسبة من يستخدمونه لهذا السبب ٨٥%. أما الأسباب الأخرى وإن كانت ليست عالية إلا أنها تشير إلى أن هناك بعض الساعين يفضلون الطابق العلوي لوجود عربات مجانية أو وجود انشراح نفسي.

ح - بالنسبة لأسباب عدم استخدام الطابق الأرضي فيتضح أن السبب الرئيسي في عدم استخدامه يرجع إلى كثرة الزحام به حيث تبلغ نسبة من فضلوا عدم

استخدامه لهذا السبب ٨٧,٢%. كما يظهر أن هناك نسبة ٧% لم يستخدموا الطابق الأرضي لعدم توفر عربات مجانية.

ط- بالنسبة لأسباب عدم استخدام الطابق السطحي بالنسبة للساعين في الطابق العلوي فقد اتضح أن الأسباب الرئيسية في عدم استخدام الطابق السطحي تكمن في عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إليه.

ي- بالنسبة لزمن السعي حسب العمر فقد تبين أن نسبة من يسعون في زمن أكثر من ساعة في الطابق الأرضي (٢٧,٢%) أعلى منه في الطابق العلوي (١٧,٥%) مما يتبين منه أن الحركة في الطابق العلوي أفضل منها في الطابق الأرضي.

ك- توضح التحليلات أن هناك نسبة ٣٢,٥% من الساعين يلاقون صعوبات في السعي وبدراسة هذه الصعوبات في كل من الطابقين الأرضي والعلوي فقد تبين أن نسبة عالية من الساعين في الطابق الأرضي تواجه صعوبات بسبب الازدحام حيث تصل هذه النسبة إلى ٧٥,٨% وتقل هذه النسبة في الطابق العلوي حيث تبلغ ٥١,٥% فقط. وقد ظهر نوع من الصعوبات في الطابق الأرضي ليس موجوداً في الطابق العلوي وهو تداخل الساعين مع المشاة من غير الساعين الداخلين إلى الحرم من أبواب الحرم المطلة على المسعى. كما أن عدم توفر عربات مجانية أو للإيجار بكثرة في الطابق العلوي قد ظهر في الطابق العلوي.

٢-٥ خصائص حركة الساعين :

بدراسة خصائص حركة الساعين فقد تبين مايلي:

أ- بمقارنة الحركة في موقعي الحركة العادية والهرولة (منطقة الضوء الأخضر) فقد اتضح أن الكثافة تبدو منخفضة في حالة الموقع ذات الهرولة عنه في حالة الموقع ذات الحركة العادية. وقد أثر ذلك على معدل التدفق حيث تبين أن معدل التدفق قد نقص في حالة الموقع ذات الهرولة نتيجة نقصان الكثافة. كما وصلت السرعة في حالة الهرولة أكثر من ٤٠% عنه في حالة الحركة العادية (من ١٦٧ إلى ٢٣٩,٣ قدم/ثانية).

ب- بمقارنة نتائج التدفق المتقطع والمستمر فإنه يتضح مايلي:

١- أن متوسط تدفق الساعين في حالة التدفق المستمر يصل إلى أكثر من ١٠ مرات عنه في حالة التدفق المتقطع.

٢- في حالة الازدحام فإن متوسط الكثافة في حالة التدفق المتقطع أعلى منه في حالة التدفق المستمر. ويؤثر ذلك بالطبع على السرعة ويؤدي إلى انخفاضها في حالة التدفق المتقطع. وعلى الرغم من أن البيانات في الموقعين تعتبر بيانات مجتمع واحد إلا أن القيم مختلفة تماماً. ويرجع ذلك إلى أن الموقع ذات الهرولة يعتبر ذات كثافة منخفضة عن الموقع ذات الحركة العادية. ولهذا فقد تم نمذجة الخصائص رياضياً لكل موقع على حدة وكذلك لكلا الموقعين.

ج - بمقارنة خصائص الحركة مع أماكن أخرى بالعالم فإنه يظهر مايلي:

- ١- أن أقل متوسط سرعة مشى تحدث في للمسعى حيث تصل إلى ٢٠٦ قدم/دقيقة فقط بينما تحدث أعلى سرعة في بتسبيرف.
- ٢- أن متوسط السرعة في حالة التدفق المستمر يقع بين قيم متوسطات السرعات في مختلف المدن حيث تصل قيمته إلى ٢٥٨ قدم/دقيقة. وأن متوسط السرعة في حالة التدفق المتقطع (أى في حالة المسعى) تصل إلى ٢٠٦ قدم/دقيقة فقط وتعتبر هذه أقل من جميع قيم متوسطات بالمقارنة بمدن أخرى في العالم.

د- بالنسبة لنمذجة السرعة والمساحة المتاحة للشخص فإنه يتضح مايلي:

- ١- بالنسبة للعلاقة بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص في حالة السير العادية والهرولة ثم في الحالتين معاً فقد اتضح تأثير السرعة بالكثافة. فعلى سبيل المثال اتضح أنه لدى مساحة متاحة أقل من ٢٥ قدم مربع لكل شخص فإن السرعة تتأثر بدرجة كبيرة في حالة المشى العادى أما في حالة الهرولة فإن ذلك يحدث عند مساحة أقل من ٥٠ قدم مربع لكل شخص.

٢- اتضح أن أفضل العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص هي تلك التي تتبع الصيغة التالية:

$$V=A+B \times \ln (S)$$

حيث: V = السرعة ، S = المساحة المتاحة للشخص

هـ- بالنسبة لنموذج التدفق والمساحة المتاحة للشخص فإنه يتبين مايلي:

١- اتضح وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص في

جميع الحالات كما تبين أن المساحة لها معامل بالسالب وهذا من الطبيعي

حيث إنه كلما زادت الكثافة زاد معدل التدفق.

٢- ظهر أن الدالة اللوغاريتمية هي أفضل العلاقات الرياضية التي تربط بين

معدل التدفق والمساحة وهي كالتالي:

$$\ln(Q)=A+B\ln(S)$$

حيث: Q = معدل التدفق ، S = المساحة المتاحة

و- بالنسبة لنموذج السرعة ومعدل التدفق فقد تبين مايلي:

١- في حالة السير العادية فإن السرعة تتراوح بين ٧٥ قدم/دقيقة إلى ٢٣٠

قدم/دقيقة وذلك لمدى تدفق من صفر إلى ٣٥ شخص/قدم/دقيقة. بينما تتراوح

السرعة في حالة الهرولة بين ٧٥ قدم/دقيقة إلى ٣٣٠ قدم/دقيقة وذلك لمدى

تدفق من صفر إلى ٣٥ شخص/قدم/دقيقة.

٢- تبين وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والسرعة وهذا يتفق مع دليل سعة

الطرق الأمريكي. كما اتضح أن أفضل علاقات تربط بين معدل التدفق

والسرعة هي علاقات خطية بقيم $R\text{-square} = ٠,٨٦$ ، $٠,٧٥$ ، $٠,٦٧$.

للحركة العادية والهرولة والحالتين معاً.

٥-٤- تقدير الطاقة الاستيعابية:

تبين من نموذج المحاكاة أن الطاقة الاستيعابية المثلى في حالة الكثافة المنخفضة تصل

إلى ٨٦٠ شخص/ساعة وتصل إلى ١٠٠٠٠ شخص/ساعة في حالة الكثافة المتوسطة. أما

في حالة الكثافة العالية فإنها تصل إلى ٤٠٠٠٠ شخص/ساعة.

٦- التوصيات:

- أ- نظراً لانخفاض نسبة الساعين في الطابق العلوى والسطح بالقارنة بالطابق الأرضى فإنه يجب تكثيف الإرشاد وتوعية الساعين خاصة القادمين من خارج المملكة بوجود طوابق أخرى غير الطابق الأرضى لتخفيف الزحام في الطابق الأرضى.
- ب- بالنسبة للإرشاد والتوجيه يجب الأخذ في الاعتبار كيفية مخاطبة الأيمن لتوجيههم حيث تبين ارتفاع نسبتهم بالطابق الأرضى.
- ج- تبين ارتفاع نسبة الساعين في الطابق الأرضى بسبب الاعتقاد الدينى. لهذا يجب الأخذ في الاعتبار هذا السبب في الإرشاد لإقناع الساعين بإمكانية التوجه إلى استخدام الطوابق الأخرى بالمسعى.
- د- اتضح من النتائج أن الأسباب الرئيسية في عدم استخدام الطابق السطحى بكثرة تكمن في عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح حيث تبلغ نسبة الساعين لهذا السبب نحو ٢٢,٦% كما أن صعوبة الوصول إلى السطح كان سبباً رئيسياً في عدم استخدام الساعين لهذا الطابق حيث بلغت نسبتهم ٥٢,٧%. لذا فإن فتكثيف الإرشاد والتوعية واجب أساسى كما أن تبصير الساعين بكيفية الوصول إلى السطح تعتبر في غاية الأهمية.
- هـ- ضرورة توجيه الداخلين للحرم من أبواب المسعى المطلّة على الساحة الشرقية من الكبارى العابرة للمسعى للدخول للحرم.
- و- توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة في الطابق العلوى.
- ز- تبين من هذا البحث أن الطاقة الاستيعابية للمثلّى في حالة الكثافة العالية تصل إلى ٤٠٠٠٠ شخص/ساعة. لذا يجب مقارنة هذه السعة مع سعة الجمرات وبخاصة لهؤلاء الذين يقصدون الحرم بعد الانتهاء من رمى الجمرات بغرض السعى وكذلك مقارنة تلك السعة بسعة الطواف.

٧- المراجع .

- 1- Department of Transportation, "Highway Capacity Manual", Washington, D.C., 1985.
- ٢- الفريق البحثى فى مركز أبحاث الحج "دراسة الحركة بالمطاف" ، مركز أبحاث الحج - ١٤٠٨ هـ .
- ٣- حسنى أبو الفتوح ، محمد سليم حسن "دراسة حركة الحجاج فى المسعى" ، مركز أبحاث الحج - ١٤٠٣ هـ .
- 4- El-Hawary, "Elements of Transport Planning", Faculty of Engineering, Cairo University, 1989.
- 5- Krueckeberg, D.A., and Silvers, A.L. "Urban Planning Analysis: Methods and Models", Copyright by John Wiley & Sons, Inc. 1974.
- 6- Ahmed Elbadawy Taha Abd ElMegeed, et al "Modeling the Pedestrian Hajjis Movement During Nafra From Arafat", Faculty of Engineering, Cairo University, Journal of Engineering and Applied Science, Vol. 43, No. 2 Apr. 1996
- 7- Miller , Freund , and Johnson "Probability and statistics for Engineers " , Prentice - Hall inc . , N.J. , 1990 .
- 8- Pritsker , A.B. , "Introduction to Simulation and SLAM II " , 3rd .ed. , John Wiley & Sons , N.Y. , 1986 .

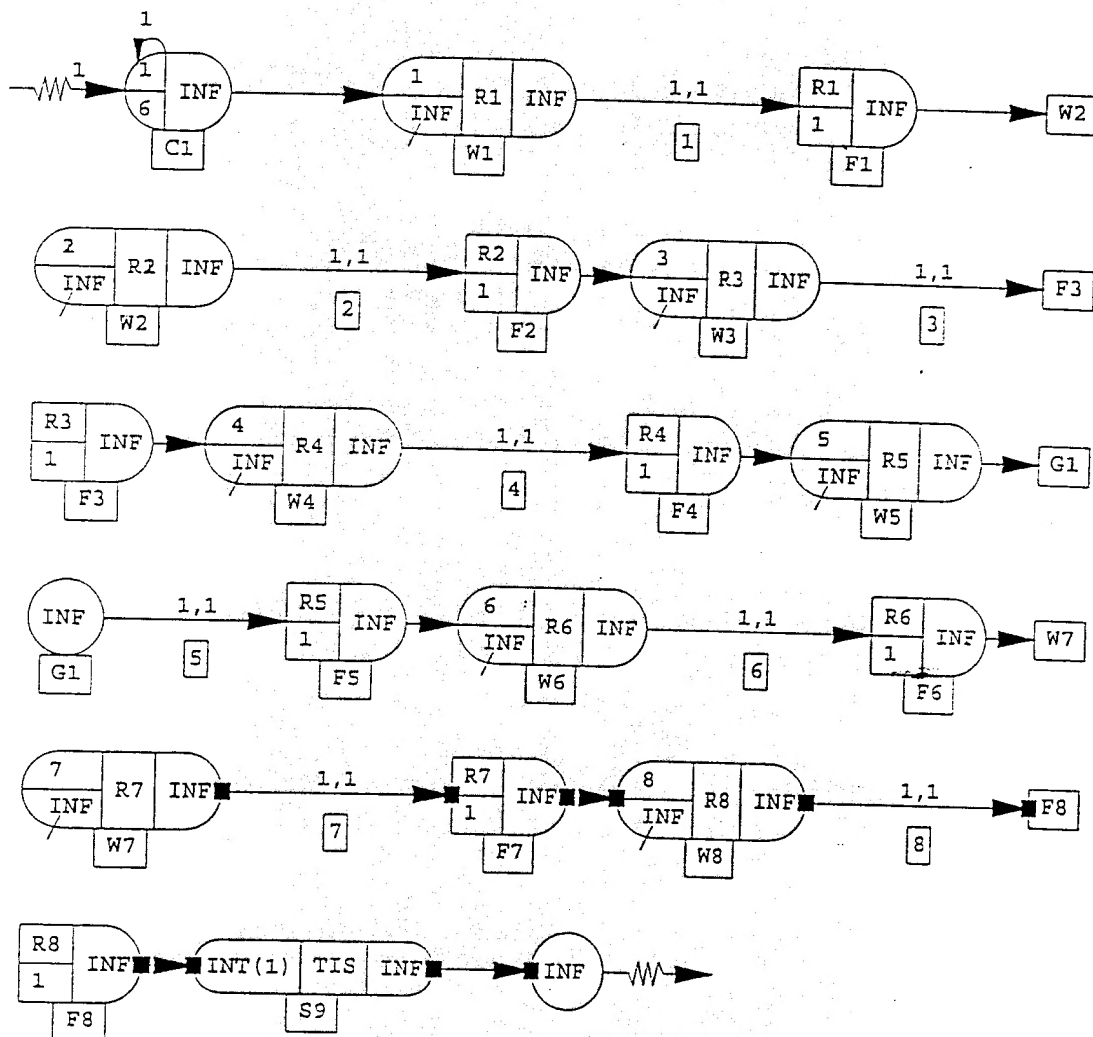
ملحق رقم (١) : الأنموذج البرمجي للمحاكاة


```

1 GEN,M RADHWI,MASSA SIM,09/30/1415,1,Y,Y,Y/Y,Y,Y/1,132;
2 LIMITS,8,2,500;
3 ARRAY(1,11)/.0769,.3803,.5812,.7222,.8675,.9274,.9786,.9872,.9915,.995
4 ARRAY(2,11)/13,19,25,31,37,43,49,55,67,133,157;
5 ARRAY(3,12)/.0043,.0171,.1154,.4145,.6496,.7992,.9231,.9615,.9786,.991
6 1.0;
7 ARRAY(4,12)/3,27,33,39,45,51,57,63,69,75,99,105;
8 NETWORK;
9     RESOURCE/1,R1(10),1;
10    RESOURCE/2,R2(14),2;
11    RESOURCE/3,R3(4),3;
12    RESOURCE/4,R4(4),4;
13    RESOURCE/5,R5(2),5;
14    RESOURCE/6,R6(4),6;
15    RESOURCE/7,R7(4),7;
16    RESOURCE/8,R8(14),8;
17 ;
18 C1  CREATE,70,,1;
19     ACTIVITY;
20 W1  AWAIT(1),R1;
21     ACTIVITY/1,RLOGN(48,21);
22 F1  FREE,R1;
23     ACTIVITY,,,W2;
24 ;
25 W2  AWAIT(2),R2;
26     ACTIVITY/2,RLOGN(48,12);
27 F2  FREE,R2;
28     ACTIVITY;
29 W3  AWAIT(3),R3;
30     ACTIVITY/3,RLOGN(26,11),,F3;
31 ;
32 F3  FREE,R3;
33     ACTIVITY;
34 W4  AWAIT(4),R4;
35     ACTIVITY/4,RLOGN(163,33);
36 F4  FREE,R4;
37     ACTIVITY;
38 W5  AWAIT(5),R5;
39     ACTIVITY,,,G1;
40 ;
41 G1  GOON;
42     ACTIVITY/5,RLOGN(81,23);
43 F5  FREE,R5;
44     ACTIVITY;
45 W6  AWAIT(6),R6;
46     ACTIVITY/6,RLOGN(167,31);
47 F6  FREE,R6;
48     ACTIVITY,,,W7;
49 ;
50 W7  AWAIT(7),R7;
51     ACTIVITY/7,DPROBN(1,2);
52 F7  FREE,R7;
53     ACTIVITY;
54 W8  AWAIT(8),R8;
55     ACTIVITY/8,DPROBN(3,4),,F8;
56 ;
57 F8  FREE,R8;
58     ACTIVITY;
59 S1  COLCT,INT(1),TIS;
60     ACTIVITY;
61     TERMINATE;
62     END;
63 INITIALIZE,,48800,Y;
64 MONTR,CLEAR,20000;
65 FIN;

```

**ملحق رقم (٣) : الأنموذج الشبكي للمحاكاة
بأرقام ثابتة**



| | | | |
|---|----|---|---|
| 1 | R1 | 6 | 1 |
|---|----|---|---|

| | | | |
|---|----|---|---|
| 2 | R2 | 8 | 2 |
|---|----|---|---|

| | | | |
|---|----|---|---|
| 3 | R3 | 2 | 3 |
|---|----|---|---|

| | | | |
|---|----|---|---|
| 4 | R4 | 5 | 4 |
|---|----|---|---|

| | | | |
|---|----|---|---|
| 5 | R5 | 3 | 5 |
|---|----|---|---|

| | | | |
|---|----|---|---|
| 6 | R6 | 5 | 6 |
|---|----|---|---|

| | | | |
|---|----|---|---|
| 7 | R7 | 2 | 7 |
|---|----|---|---|

| | | | |
|---|----|---|---|
| 8 | R8 | 8 | 8 |
|---|----|---|---|

**ملحق رقم (٣) : عينة من النتائج اللمطية لتشغيل
الأنموذج بأرقام ثابتة**

INTERMEDIATE RESULTS

SLAM II TRACE BEGINNING AT TNOW= .0000E+00

| TNOW | JEVNT | NODE ARRIVAL | | CUR ATRIB BUFFER | | ACTIVITY SUMMARY | | |
|----------|-------|--------------|------|------------------|----------|------------------|----------|--------|
| | | LABEL | TYPE | | | IND | DURATION | END ND |
| .100E+01 | C1 | CREATE | | .100E+01 | .000E+00 | | | |
| | W1 | AWAIT | | .100E+01 | .000E+00 | 0 | .000 | W1 |
| .200E+01 | C1 | CREATE | | .200E+01 | .000E+00 | 1 | 1.000 | F1 |
| | W1 | AWAIT | | .200E+01 | .000E+00 | 0 | .000 | W1 |
| | F1 | FREE | | .100E+01 | .000E+00 | 1 | 1.000 | F1 |
| | W2 | AWAIT | | .100E+01 | .000E+00 | 0 | .000 | W2 |
| .300E+01 | C1 | CREATE | | .300E+01 | .000E+00 | 2 | 1.000 | F2 |
| | W1 | AWAIT | | .300E+01 | .000E+00 | 0 | .000 | W1 |
| | F1 | FREE | | .200E+01 | .000E+00 | 1 | 1.000 | F1 |
| | W2 | AWAIT | | .200E+01 | .000E+00 | 0 | .000 | W2 |
| | F2 | FREE | | .100E+01 | .000E+00 | 2 | 1.000 | F2 |
| | W3 | AWAIT | | .100E+01 | .000E+00 | 0 | .000 | W3 |
| .400E+01 | C1 | CREATE | | .400E+01 | .000E+00 | 3 | 1.000 | F3 |
| | W1 | AWAIT | | .400E+01 | .000E+00 | 0 | .000 | W1 |
| | F1 | FREE | | .300E+01 | .000E+00 | 1 | 1.000 | F1 |
| | W2 | AWAIT | | .300E+01 | .000E+00 | 0 | .000 | W2 |
| | F2 | FREE | | .200E+01 | .000E+00 | 2 | 1.000 | F2 |